

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**  
**ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
Кафедра інформаційної безпеки

«На правах рукопису»

УДК 51-77

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ М.В.Грайворонський

“    ” \_\_\_\_\_ 2018 р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності:    113    Прикладна математика

на тему: Моделі конфліктної ситуації рефлексивних агентів в групі

Виконав (-ла): студент (-ка) 2 курсу, групи ФІ-72мп  
(шифр групи)

Хапіліна Віталіна Анатоліївна  
(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Науковий керівник к.ф.-м.н., доц. Смирнов Сергій Анатолійович  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант \_\_\_\_\_  
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.  
Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2018 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**  
**ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
Кафедра інформаційної безпеки

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою  
Спеціальність (спеціалізація) – 113 Прикладна математика («Аналітичні методи безпеки інформації»)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ М.В.Грайворонський  
(підпис)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**

Хапіліній Віталіні Анатоліївні  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації

Моделі конфліктної ситуації рефлексивних агентів в групі

науковий керівник дисертації к.ф.-м.н., доц. Смирнов Сергій Анатолійович,

затверджені наказом по університету від «15 » листопада 2018 р. № 4171-с

2. Термін подання студентом дисертації \_\_\_\_\_

3. Об'єкт дослідження \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. Вихідні дані \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. Перелік завдань, які потрібно розробити \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

7. Орієнтовний перелік публікацій \_\_\_\_\_

## 8. Консультанти розділів дисертації\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище)

\* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

## РЕФЕРАТ

Обсяг роботи: 106 сторінок, 56 ілюстрацій, 4 таблиці, 14 джерел посилань.

Завданням дослідження є вивчення питання рефлексії, детальний аналіз існуючих методів моделювання відносин у групі та методів прогнозування прийняття рішень. А головне - удосконалення власного дослідження та вже існуючої теорії, спроба створення нових методів аналізу рефлексивних систем, які будуть застосовані на практиці.

Об'єктом дослідження є процес прийняття рішень у групі, прогноз таких рішень з урахуванням інтенцій усіх агентів, сили впливів на агентів зі сторони групи та значимості відношень між агентами. Рішення будуть прийматися рефлексивним агентом у групі з врахуванням всіх відносин всередині групи та бажань всіх його членів.

Предметом дослідження є математична модель рефлексивного агента у групі, кількісна сила впливу групи на рішення рефлексивного агента, кількісна значимість відносин між агентами, вплив наведених факторів на визначення альтернативи, що може стати фінальними рішеннями агента.

Актуальність роботи заключається у постійній потребі суспільства у прийнятті складних рішень, їх прогнозуванні та їх аналізі. Теорія рефлексії є дуже зручним інструментом при прийнятті будь-яких рішень. Сьогодні подібні моделі рефлексивного аналізу та засновані на них комп'ютерні програми застосовуються в таких напрямках як переговорний процес, військова психологія і боротьба з тероризмом. Проте отримані моделі недостатньо досліджені і не охоплюють усіх можливих ситуацій. Отже, розвиток і доопрацювання подібних моделей на сьогодні є актуальним питанням.

Ключові слова: РЕФЛЕКСІЯ, РЕФЛЕКСИВНИЙ АГЕНТ В ГРУПІ, ІНТЕНЦІЯ, ДЕКОМПОЗИЦІЯ, РЕФЛЕКСИВНЕ УПРАВЛІННЯ.



## ABSTRACT

Volume of the post: 106 pages, 56 illustrations, 4 tables, 14 sources of references.

The task of the study is to study the issue of reflection, a detailed analysis of existing methods of modeling relations in the group and methods of forecasting decision-making. And the main thing is to improve our own research and the existing theory, an attempt to create new methods for analyzing reflexive systems that will be applied in practice.

The object of the research is the algorithm and the decision-making process in the group, the forecast of such decisions, taking into account the reflection, the intentions of all agents, the forces of influence on the agents on the part of the group and the importance of the relations between agents. The decisions will be taken as a reflexive agent in the group, taking into account all relationships within the group and the desires of all its members.

The subject of the study is the model of the reflexive agent in the group, the quantitative force of the group's influence on the decision of the reflexive agent, the quantitative significance of the relations between the agents, the influence of the above factors on the determination of the alternative, which can become the final decisions of the agent.

The urgency of work consists in the constant need of the society in making complex decisions, their forecasting and their analysis. The theory of reflection is a very convenient tool for making any decisions. Today, such models of reflexive analysis and computer programs based on them are used in such areas as negotiation, military psychology and the fight against terrorism. However, the models obtained are not sufficiently explored and do not cover all possible situations. So, the development and refinement of such models today is a topical issue.

Keywords: REFLEXION, REFLEXING AGENT IN THE GROUP, INTENTION, DECOMPOSITION, REFLEXIAL MANAGEMENT.

## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів .....	8
Вступ.....	9
1 Фундаментальні закони рефлексії.....	13
1.1 Модель рефлексивного суб'єкта .....	14
1.2 Моделі рефлексії першого та другого рангу.....	16
1.3 Модель рефлексивного вибору Таран .....	18
Висновки до розділу 1 .....	22
2 Теорія нечітких множин .....	23
2.1 Нечіткі множини .....	23
2.2 Операції над нечіткими множинами .....	25
2.3 Нечіткі відношення та відповідності .....	27
Висновки до розділу 2 .....	29
3 Множини , булева алгебра і експоненційні формули .....	30
3.1 Множини і булева алгебра .....	30
3.2 Експоненційні формули і рівняння .....	32
Висновки до розділу 3 .....	35
4 Аналіз моделі рефлексивного агента .....	36
4.1 Поняття графу відношень рефлексивних агентів у групі.....	36
4.2 Поліноми і діагональні форми.....	42
4.3 Суб'єкт у групі і представлення групи.....	46
4.4 Принципи заборони егоїзму і формалізм моделі.....	55
Висновки до розділу 4 .....	57
5 Міжнародні відносини.....	58
5.1 Сирійський конфлікт. Згідно моделі Лефевра.....	58
5.2 Вибір Росії.....	64
5.3 Вибір уряду Сирії.....	66
5.4 Вибір Ірану .....	68
5.5 Вибір Турції.....	70

5.6	Вибір вільної Сирійської армії .....	72
5.7	Вибір США .....	74
5.8	Вибір Джабгат Фатах аш- Шам .....	76
5.9	Вибір Хізбали .....	77
5.10	Вибір демократичних сил Сирії .....	78
	Висновки до розділу 5 .....	79
6	Удосконалення моделі лефевра .....	80
6.1	Узагальнення недоліків моделі рефлексивного агента за Лефевра....	80
6.2	Оцінка функції приналежності для інтенціонального рівняння .....	81
	Висновки до розділу 6 .....	83
7	Застосування удосконаленої моделі.....	85
7.1	Сирійський конфлікт. Нечітка модель.....	86
7.2	Вибір Росії.....	87
7.3	Вибір Уряду Сирії.....	89
7.4	Вибір Ірану.....	91
7.5	Вибір Турції.....	92
7.6	Вибір Вільної Сирійської армії .....	95
7.7	Вибір США .....	97
7.8	Вибір Джабгат Фатах аш- Шам .....	99
7.9	Вибір Хізбали .....	100
7.10	Вибір Демократичних сил Сирії.....	101
7.11	Порівняння отриманих результатів.....	102
	Висновки до розділу 7 .....	103
	Висновки.....	104
	Перелік джерел посилань .....	105

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

Рефлексія - це звернення уваги суб'єкта на самого себе і на свою свідомість, зокрема, на продукти власної активності, а також будь-яке їх переосмислення.

Інтенція (лат. intentio "намір, прагнення") - намір, ціль, направленість на що-небудь.

Булева алгебра - область математики, що містить правила поводження з множинами, а також з логічними твердженнями типу «і», «або».

Фрустрація (від лат. Frustratio - обман, марне очікування) - особливе емоційний стан, що виникає, коли людина, стикаючись з будь-якими перешкодами, не може досягти своїх цілей і задоволення будь-якого бажання або потреби стає неможливим.

Рефлексивне управління - вплив на прийнятті противником рішення через підсовування (нав'язування) йому таких вихідних посилок, на підставі яких він діє бажаним для маніпулятора чином

Декомпозиція - поділ цілого на частини. Декомпозиція, як процес розчленування, дозволяє розглядати будь-яку досліджувану систему як складну, що складається з окремих взаємопов'язаних підсистем, які, в свою чергу, також можуть бути розчленовані на частини.

## ВСТУП

Щодня ми приймаємо велику кількість рішень. Процес прийняття рішень є однією з основних складових будь-якої діяльності. Цей процес може бути як досить легким, так і дуже складним. Для прийняття складних і важливих рішень необхідно створювати та розробляти алгоритми та методи, які б могли допомогти робити правильні рішення. Для вирішення питань, пов'язаних з прийняттям на сьогодні існує теорія прийняття рішень, яка представляє собою систему знань. Ці знання відображають сутність понять «закономірність» та «рішення». З урахуванням закономірностей рішення розробляються, приймаються та реалізуються.

Свідома діяльність людини нерозривно пов'язана з процесами прийняття рішень. І так складалося здавна, що при прийнятті рішення точного шляху, який привів до вибору рішення, автори рішень описати, як правило, не могли, хоча були всі підстави вважати, що вони якимось чином враховували і зважували всі аспекти прийнятих рішень.

Основні риси теорії прийняття рішень: логічна цілісність, об'єктивна реальність, відносна самостійність, активний вплив на практику, здатність до розвитку.

Предмет дослідження теорії прийняття рішень: закони або закономірності діяльності відповідальних осіб, які приймають рішення, їх організаційні форми, технології та методи, сутність і зміст рішень та принципи управління і організація праці. Великий вплив на розвиток теорії прийняття рішень мають теорія управління, методологія мислення, кібернетика, психологія, біологія, психофізіологія і, звичайно, математика. Одним із основних завдань теорії прийняття рішень є формалізація системи, яка розглядається, та її математизація.

Системи підтримки прийняття рішень використовуються в військовій, політичній, економічній та інших сферах життя. При побудові систем підтримки прийняття рішень обов'язково потрібно формалізувати і

матеріальний (фізичний) аспект системи, і її внутрішній (суб'єктивний) аспект, пов'язаний з тим, що до складу системи входять люди, що володіють свободою волі і свободою вибору.

Часто в таких системах виникають різні конфліктні ситуації. А наявність конфліктів тягне за собою зміну поведінки людей та рішень, які вони хочуть та будуть приймати. Спираючись на ці факти теоретики і практики, в теорії прийняття рішень вивчають та винаходять засоби інформаційного та рефлексивного керування.

Інформаційне керування – це процес розробки і реалізації рішень в ситуації, коли керуючий вплив носить неявний характер і об'єкту керування суб'єктом керування надається інформація про ситуацію (інформаційна картина), орієнтуючись на яку об'єкт самостійно приймає рішення про свої подальші дії, свою поведінку. А в свою чергу рефлексія – це здатність суб'єкта займати позицію того, що спостерігає свої думки та почуття. Здатність відображати у свідомості представлення, думки інших суб'єктів називатиметься взаєморефлексією.

Уміння приймати рішення, що дають найкращі результати в різних складних ситуаціях завжди розглядалося як мистецтво. Систематичні спроби перетворити це мистецтво в науку почалося лише на рубежі XIX–XX століть. Саме в цей час дослідження математиків-економістів Курно, Квінсі, Вальраса були опубліковані. Дещо пізніше - роботи Парето, які поклали початок теорії ігор. Розроблялися основи лінійного програмування Мінковським, Жорданом, Фаркашем. Серйозних результатів в області динамічного програмування було досягнуто математиком Марковим.

Такий розвиток моделей і методів теорії прийняття рішень (ТПР) почався з середини XX століття і привів до утворення самостійних математичних дисциплін як математичне програмування, теорія ігор, багатокритеріальний вибір.

Великі успіхи в області електронно-обчислювальної техніки зробили реальною практичну реалізацію в різних додатках багатьох математичних

результатів (які до цього мали лише теоретичне значення). Також вони стимулювали розробку нових математичних моделей і методів. Також у зв'язку з різким зростанням темпів науково-технічного процесу, загострення конкуренції, зростання динамізму навколишнього середовища, перед керівниками, колективами, організаціями постійно виникають завдання прийняття складних технічних, економічних, соціальних, організаційно-управлінських рішень.

Важливу роль у розвитку інформаційного керування відіграли дослідження у області психології поведінки людини. Результати показали, що при прийнятті рішень в умовах конфлікту суб'єкти керуються своїм власним баченням реальної ситуації та партнера. Кожен прагне думати як опонент, визначити точку зору та механізми прийняття рішень партнера для того щоб як найбільш точніше спрогнозувати його поведінку.

Тому інформаційне керування базується на передачі такої інформації партнеру, керуючись якою він прийме певні рішення. Високий інтелектуальний рівень суб'єкта може забезпечити рефлексивне управління партнером, в результаті якого вибір робиться ніби самостійно і не залежно від сторонніх впливів та зовнішнього тиску. Проте насправді вибір буде той, який буде підказано рефлексивним керуванням.

В даний час дослідження рефлексії, розробка методів рефлексивного керування, аналіз процесів управління вибором є відкритим питанням. Дане питання перебуває в стадії вивчення. Невелика теоретична та практична бази рефлексивного аналізу ускладнюють роботу в цьому напрямку, але й тим самим забезпечують широкий спектр розвитку рефлексії та методів аналізу рефлексії.

Актуальність роботи заключається у постійній потребі суспільства у прийнятті складних рішень, їх прогнозуванні та їх аналізі. Теорія рефлексії є дуже зручним інструментом при прийнятті будь-яких рішень. Сьогодні подібні моделі рефлексивного аналізу та засновані на них комп'ютерні програми застосовуються в таких напрямках як переговорний процес, військова психологія і боротьба з тероризмом. Проте отримані моделі недостатньо

досліджені і не охоплюють усіх можливих ситуацій. Отже, розвиток і доопрацювання подібних моделей на сьогодні є актуальним питанням.

Метою даної роботи є розвиток власного дослідження та уже існуючих методів аналізу та прогнозу прийняття рішень та розширення теорії прийняття рішень рефлексивним агентом у групі.

Завданням дослідження є вивчення питання рефлексії, детальний аналіз існуючих методів моделювання відносин у групі та методів прогнозування прийняття рішень. А головне - удосконалення власного дослідження та вже існуючої теорії, спроба створення нових методів аналізу рефлексивних систем, які будуть застосовані на практиці.

Об'єктом дослідження є алгоритм та процес прийняття рішень у групі, прогноз таких рішень з урахуванням рефлексії, інтенцій усіх агентів, сили впливів на агентів зі сторони групи та значимості відношень між агентами. Рішення будуть прийматися рефлексивним агентом у групі з врахуванням всіх відносин всередині групи та бажань всіх його членів.

Предметом дослідження є модель рефлексивного агента у групі, кількісна сила впливу групи на рішення рефлексивного агента, кількісна значимість відносин між агентами, вплив наведених факторів на визначення альтернативи, що може стати фінальними рішеннями агента.

Методи дослідження роботи. В основу досліджень покладено аналіз відносин у групі, взаємозв'язок її членів та математизація цих процесів. Дослідження виконуються з використанням вже існуючого математичного апарату та методів обробки інформації. В даних методах досліджень інтенсивно використовуються теорія множин, алгебра, теорія графів та теорія нечітких множин.

Наукова новизна даної роботи у пропозиції нових моделей рефлексивного мислення агента. Практичне значення одержаних результатів. Результати виконаної роботи дозволяють спростити та удосконалити процес побудови прогнозу прийняття рішень рефлексивним агентом.



## 1 ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ЗАКОНИ РЕФЛЕКСІЇ

Дослідження рефлексивного аналізу та методів рефлексивного керування зараз є актуальними питаннями й інтенсивно вивчається. Моделювання поведінки суб'єктів у різних ситуаціях й за різних обставин може значно змінити хід розвитку багатьох сфер життя. Застосування рефлексивних методів у таких галузях знань, як політика, військова справа, стратегічні й тактичні дослідження, економічні науки (зокрема, менеджмент та маркетинг), психологія, соціологія, штучний інтелект, педагогіка, є вагомим чинником вдосконалення та застосування вже існуючих, а також створення нових й ефективніших моделей.

Дослідження такого феномену як існування відображення реальної дійсності у свідомості суб'єкта (з урахуванням деякої розбіжності між об'єктивною реальністю та її відображенням) традиційно пов'язане з терміном "рефлексія". Згідно з філософським енциклопедичним словником, рефлексія – це принцип людського мислення, що спрямовує його на осмислення і усвідомлення власних форм і передумов. Даний термін вперше було введено Джоном Локком.

Математичні моделі прийняття рішень рефлексивним суб'єктом з точки зору психології, інформаційного впливу та способів його реалізації розробляються В. А. Лефевром, починаючи з 60-х рр. XX століття. По суті, він заклав основи рефлексивного аналізу; описав математичні моделі, що включають опис психологічних та соціальних особливостей людини, здатності усвідомлювати та оцінювати себе й власну поведінку в оточуючому середовищі. Важливим моментом є побудова моделей (булевої та ймовірнісної) на основі біполярності вибору суб'єкта, де альтернативи зображуються як полярні оцінки, що дозволяє ввести в процес прийняття рішення етичні характеристики «добро» й «зло».

Лефевр трактує рефлексію як «здатність зайняти позицію спостерігача відносно своїх думок, почуттів, поведінки» - авторефлексія. Здатність

сприймати та відображати в своїй свідомості думки, почуття, дії інших людей називають взаємною рефлексією .

### 1.1 Модель рефлексивного суб'єкта

Математичний опис рефлексії як акту та процесу усвідомлення людини з точки зору психології почався у 60 рр. XX ст. В.А. Лефевром та представниками його школи. Лефевр трактує рефлексію як «здатність зайняти позицію спостерігача відносно своїх думок, почуттів, поведінки» – що є т.зв. авторефлексія (або рефлексія I рангу). Здатність сприймати та відображувати у своїй свідомості думки, почуття, дії інших людей називають взаємною рефлексією (II рангу) [1]. В дослідженнях Лефевра запропонована трирівнева модель рефлексії (рисунок 1.1).

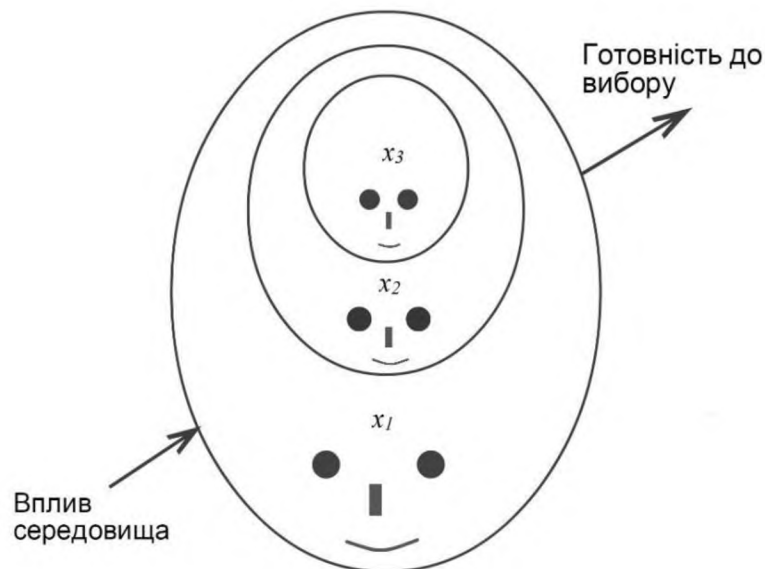


Рисунок 1.1 – Модель рефлексії Лефевра

Опишемо детальніше цю модель. Нехай маємо 2 полюси – позитивний і негативний. Середовище певним чином впливає на людину, яка обирає один з цих полюсів. У будь-якій ситуації людина піддається впливу зовнішнього світу. Цей вплив людина і сприймає як реальність. Отримуючи деякі імпульси із зовнішнього середовища, людина реєструє і розуміє далеко не всі, тому,

здійснюючи вчинок, вона часто не може пояснити, що побудило її до скоєння тієї чи іншої дії. Таке несвідоме сприйняття людиною імпульсів зовнішнього середовища називатимемо тиском зовнішнього світу і позначимо його  $x_1$ .

Кожна людина має деякий досвід життєдіяльності в умовах зовнішнього середовища. Досвід створює у неї психологічну установку – очікуваний тиск зовнішнього світу, який буде відрізнятися у різних ситуаціях. Навіть опинившись у незнайомій і незвичній ситуації, людина має деякі очікування щодо зовнішнього середовища. Ці минулі знання людини, очікуваний тиск зовнішнього середовища, психологічна установка утворюють другий рівень моделі суб'єкта. Позначимо його змінною  $x_2$ .

Кожна людина функціонує в зовнішньому світі, маючи свої власні бажання. Вона будує плани на майбутнє, в тому числі й нереальні. Плани і бажання відображають уявлення людини про сформовану ситуацію і про себе саму в цій ситуації. Вони породжують інтенції суб'єкта - прагнення виконати деяку дію. Інтенції суб'єкта формуються на основі його суб'єктивної моделі реальності, тобто його уявлення про себе самого в ситуації, що склалася. Інтенції суб'єкта, його плани і бажання знаходяться на третьому рівні моделі. Позначимо їх  $x_3$ .

Модель внутрішнього світу людини складається з трьох рівнів сприйняття реальності: несвідомий тиск зовнішнього світу, очікуваний тиск, сформований минулим досвідом і інтенції людини в ситуації, що склалася. Другий і третій рівні представляють суб'єктивне сприйняття самого себе в даній ситуації. Тому в сукупності ці два рівні описують самооцінку суб'єкта - «образ себе» в конкретній ситуації, який складається з психологічної установки і інтенцій людини.

В будь-якій ситуації людина здійснює вибір. Іноді вона робить його несвідомо, підкоряючись ситуації, що склалася, інколи - після тривалих роздумів і численних вагань. Вибір суб'єкта багато в чому визначається його планами і бажаннями, великий вплив на нього робить попередній досвід. Передуює саме акту прийняття рішення психологічна готовність суб'єкта

здійснити вибір, що визначається булевою змінною  $X$ . Іншими словами, це готовність вибрати альтернативу під впливом зовнішнього середовища, керуючись попереднім досвідом з врахуванням потреб та бажань суб'єкта. Готовність до вибору ще не означає, що суб'єкт дійсно зробить дану дію, оскільки людина володіє свободою волі і може поступати, не погодившись зі своїм досвідом і бажаннями. Але вона відображає деякий психологічний стан, в якому суб'єкт буде знаходитися в момент вибору. Вибір суб'єкта передбачити важко, проте за наявності моделі його поведінки можна передбачити готовність до вибору. Така модель, що описує готовність суб'єкта з рефлексією до скоєння деякої дії, й була запропонована В.О.Лефевром [1].

## 1.2 Моделі рефлексії першого та другого рангу

Розглянемо ситуацію, коли людина опиняється перед вибором однієї з двох альтернатив, з яких одна оцінюється позитивно, інша – негативно. Введемо дві змінні  $x_1, x_2 \in \{0,1\}$ .

$x_1$  описує вплив зовнішнього світу, причому  $x_1 = 0$  – означає, що світ схиляє людину до вибору негативної дії, а  $x_1 = 1$  пропонує втриматись від спокуси зробити негативний вчинок. Введемо булеву функцію  $X_1$  – описує вибір суб'єкта, причому  $X_1 = 0$  означає, що суб'єкт готовий піддатися спокусі,  $X_1 = 1$  суб'єкт відкидає спокусу.

Якщо людина не має жодного уявлення про зовнішнє середовище, то його готовність до вибору буде описуватися простою рівністю  $X_1 = \varphi(x_1)$ . Тоді вона може завжди обирати лише негативний  $\varphi(x_1) = 0$  або лише позитивний полюс  $\varphi(x_1) = 1$ , тобто підкорятися тиску навколишнього середовища  $\varphi(x_1) = x_1$  або діяти наперекір йому  $\varphi(x_1) = X$ . У таких випадках поведінка людини не залежить від його внутрішнього світу, тому дана модель описує суб'єкта без рефлексії. Модель рефлексії першого рангу містить деякі уявлення людини про себе і ситуацію («образ себе»), тому вона описується функцією  $X_1 = \varphi(x_1, x_2)$ , де  $x_1$  – оцінка тиску зовнішнього світу в сторону вибору однієї з альтернатив;  $x_2$

– деяка «внутрішня модель» людини з її уявленням про себе в момент вибору. Значення  $x_2 = 0$  означає, що людина очікує деструктивного впливу зовнішнього світу, а  $x_2 = 1$  – позитивного.

Найпростішу модель рефлексивного вибору побудовано виходячи із двох припущень [1, 3]:

Якщо вплив зовнішнього світу позитивний, то суб'єкт готовий здійснити позитивний вибір:

$$\varphi(1, x_2) = 1; \quad (1.1)$$

Суб'єкт може протистояти негативному впливу середовища:

$$\varphi(0, x_2) = \overline{x_2} \quad (1.2)$$

В результаті отримаємо таблицю істинності для булевої функції, що описує механізм вибору та відповідає булевій функції “імплікація”:

Таблиця 1.1 – Значення булевої функції для моделі рефлексії Лефевра

$x_2$	$x_1$	$\varphi(x_2, x_1)$
0	0	1
0	1	1
1	0	0
1	1	1

$X = \varphi(x_2, x_1) = x_2 \rightarrow x_1 = \overline{x_2} \vee x_1$ . – рівняння для моделі рефлексії I рангу (без врахування потреб та бажань). В цій моделі змінна  $x_2$  відповідає рефлексивному образу зовнішнього впливу  $x_1$ .

Якщо виникає рефлексія другого рангу, то вона задається за допомогою змінної  $x_3$ , яка є рефлексивним образом змінної  $x_2$ , тому поповнена суб'єктивна картина зовнішнього впливу у відповідності із моделлю I рангу повинна мати вигляд  $(x_3 \rightarrow x_2)$ . Отже, формула для рефлексії II рангу отримає наступний вигляд:

$$X = \varphi(x_3, x_2, x_1) = (x_3 \rightarrow x_2) \rightarrow x_1 = \varphi(\varphi(x_3, x_2), x_1). \quad (1.3)$$

### 1.3 Модель рефлексивного вибору Таран

У роботі Т. А. Таран [6] розглянуто загальну схему взаємодії двох суб'єктів  $A$  і  $B$ , відносно яких здійснюється однаковий вплив зовнішнього середовища. Суб'єкт  $A$  припускає, що його партнер  $B$  також має здатність до рефлексії, тобто у нього є власні уявлення про вплив середовища, свої плани і бажання. При цьому суб'єкт  $A$  якимось чином інтерпретує свої відносини з суб'єктом  $B$  і його уявлення про ці відносини.

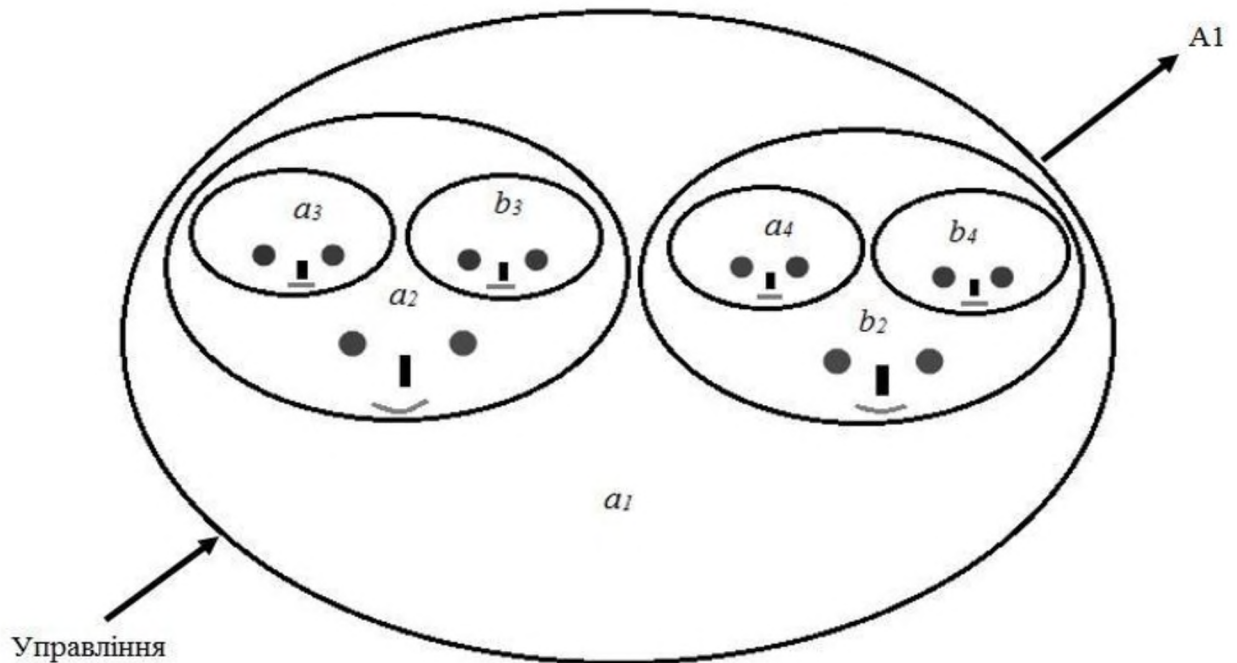


Рисунок 1.2 – Модель взаємної рефлексії Таран

Готовність суб'єкта  $A$  до вибору при взаємодії з суб'єктом  $B$  буде залежати не тільки від його власних уявлень і психологічних характеристик, але і від його уявлень про партнера  $B$ , тому загальна модель міститиме уявлення  $A$  про самого себе («образ себе») і про партнера («образ партнера»). Уявлення суб'єкта  $A$  про самого себе позначимо  $J(a)$ . Тоді його можна описати виразом:

$$J(a) = (a_3 * b_3) \rightarrow a_2, \quad (1.4)$$

де  $a_3$  – інтенції;  $a_2$  – очікування суб'єкта  $A$ ;  $b_3$  – інтенції суб'єкта  $B$  з точки зору  $A$ ;  $*_1$  – деяка операція, що моделює уявлення  $A$  про взаємодію суб'єктів.

Уявлення суб'єкта  $A$  про партнера позначимо  $J(a, b)$ . Образ суб'єкта  $B$  з точки зору  $A$  має структуру:

$$J(a, b) = (b_4 *_2 a_4) \rightarrow b_2, \quad (1.5)$$

де  $b_4$  – представлення суб'єкта  $A$  про те, як  $B$  уявляє собі свої інтенції;  $b_2$  – очікування суб'єкта  $B$  з точки зору  $A$ ;  $a_4$  – інтенції суб'єкта  $A$  з точки зору  $B$ , як їх уявляє собі  $A$ ;  $*_2$  – деяка операція, що моделює уявлення  $B$  про взаємодію суб'єктів з точки зору  $A$ .

Готовність суб'єкта  $A$  до вибору залежить від його уявлень:

$$A_1 = (J(a) *_3 J(a, b)) \rightarrow a_1. \quad (1.6)$$

Або:

$$A_1 = ((a_3 *_1 b_3) \rightarrow a_2) *_3 ((b_4 *_2 a_4) \rightarrow b_2) \rightarrow a_1, \quad (1.7)$$

де  $a_1$  – тиск зовнішнього світу;  $*_3$  – деяка операція, що моделює відносини між партнерами. Позначимо уявлення суб'єкта  $A$  про взаємодію (функцію взаємодії) з партнером  $B$  як:

$$J(a, A * B) = J(a) *_3 J(a, b). \quad (1.8)$$

Мета рефлексивного управління – підпорядкування суб'єкта  $A$  тиску зовнішнього світу:

$$A_1 = J(a, A * B) \rightarrow a_1. \quad (1.9)$$

В експоненційному вигляді:

$$A_1 = a_1^{a_2^{a_3 *_1 b_3 *_3 b_2^{b_4 *_2 a_4}}} \quad (1.10)$$

Звідси слідує:

$$\neg(J(a, A * B)) \leq a_1. \quad (1.10)$$

Тоді загальна стратегія рефлексивного управління суб'єктом  $A$  – створення завищених очікувань щодо його взаємодії з партнером:

$$h(J(a, A * B)) \Rightarrow \max, \quad (1.11)$$

тобто керуючий вплив на суб'єкта  $A$  повинен максимізувати його



уявлення про ситуацію, що відповідає основному принципу рефлексивного управління: очікування повинні перевищувати реальність. Завищені очікування створюють передумови для рефлексивного управління.

Оскільки  $h(J(a) * _3 J(a, b)) \Rightarrow \max$ , доцільно в якості операції  $*_3$  вибрати диз'юнкцію  $\vee$ . Тоді функція взаємодії складається з «взаємодії уявлень»:

$$J(a, A * B) = J(a) \vee J(a, b). \quad (1.12)$$

Для досягнення мети рефлексивного управління представлення суб'єкта  $A$  про себе і партнера також потрібно максимізувати:

$$h(J(a)) = h((a_3 * _1 b_3) \rightarrow a_2) \Rightarrow \max, \quad (1.13)$$

$$h(J(a, b)) = h((b_4 * _2 a_4) \rightarrow b_2) \Rightarrow \max. \quad (1.14)$$

Для цього потрібно: створити у  $A$  завищені очікування відносно тиску зовнішнього середовища  $h(a_2) \Rightarrow \max$ ; створити у  $A$  уявлення про завищені очікування партнера  $h(b_2) \Rightarrow \max$ ; мінімізувати уявлення  $A$  про цілі і можливості обох партнерів  $h(a_3 * _1 b_3) \Rightarrow \max$  та  $h(b_4 * _2 a_4) \Rightarrow \max$ . Звідси випливає, що в якості операцій  $*_1, *_2$  доцільно вибрати операцію кон'юнкції і знайти мінімальне представлення:

$$h(a_3 \wedge b_3) \Rightarrow \min, h(b_4 \wedge a_4) \Rightarrow \min. \quad (1.15)$$

Виділено важливі принципи поведінки для здійснення рефлексивного управління. Сформулюємо їх з позиції  $B$ :

1. У разі безпосередньої взаємодії із індивідом  $A$  потрібно проявляти готовність до компромісу для підтримки у суб'єкта  $A$  завищеної оцінки ситуації;
2. Треба шукати і задовольняти спільні інтереси, у разі їх неспівпадіння - маскувати (приховувати) власні цілі та змінювати інтенції  $A$ .

Таким чином, були отримані висновки про можливості та способи рефлексивного управління суб'єктом зі сторони іншого суб'єкта. Далі нами уточнено висновки та наведено приклади зворотної (взаємної) рефлексійної взаємодії для економічних суб'єктів (таблиця. 1.2).

Відзначимо, що функція вибору рефлексивного індивіда визначена Т.А.Таран також і для ситуацій багатопольярного вибору (з довільною кількістю



альтернатив), що значно розширює функціональність та прикладні можливості моделей рефлексивного управління.

Наступна таблиця містить загальні стратегії рефлексивного керування та їх економічні інтерпретації.

Таблиця 1.2 – Результати моделювання взаємної рефлексії

Висновки	Приклад
$h(a_3) \Rightarrow \min$ – Понизити інтенції суб'єкта А: відповідає мотиваційному управлінню, коли А опиняється в ситуації, що змушує його зменшити претензії	«Купіть ноутбук та отримайте мишку в подарунок» – різноманітні акції, пропозиції
$h(b_3) \Rightarrow \min$ – Понизити уявлення А про інтенції В: відповідає інформаційному управлінню, коли суб'єкту А передають хибну інформацію про цілі В	Повідомлення «ексклюзивної» інформації, про яку відомо лише даному покупцю (А)
$h(b_4) \Rightarrow \min$ – Понизити уявлення А про можливості А	Ситуація, в якій продавець (В) ховає від А свої дійсні можливості.

## Продовження таблиці 1.2

$h(a_4) \Rightarrow \min$ – Понизити уявлення А про те, як В бачить інтенції А	У А має скластись враження, що В не знає його потаємних бажань
$h(a_2) \Rightarrow \max$ – Створити у А завищене уявлення про ситуацію, передаючи йому хибну або неповну інформацію	А вважає, що отримає найкращий товар за вигідною ціною
$h(b_2) \Rightarrow \max$ – Створити у А завищене уявлення про завищену оцінку ситуації у В (представляючи хибний образ власного сприйняття ситуації)	А має думати, що В готовий продати йому найкращі товари за вигідною ціною

## Висновки до розділу 1

У даному розділі було розглянуто основи рефлексивного аналізу та рефлексивного керування. Розглянута модель індивіда, котрий володіє внутрішнім світом й можливістю генерувати власні інтенції. Кінцева мета суб'єкта – здійснити вибір між двома полярними альтернативами, одна з яких уособлює добро, а інша – зло. Дана модель не дає відповіді на питання, як потрібно чинити, але вона передбачає, як людина буде поводити себе в різних ситуаціях, тобто показує готовність людини до вибору певної альтернативи.

Моделі, описані вище, дозволяють забезпечити новий рівень розуміння і прогнозування поведінки індивіда, зумовлену складною структурою його свідомості, а також дозволяють створювати нові системи підтримки прийняття рішень та виводити на новий рівень використання даних моделей.

## 2 ТЕОРІЯ НЕЧІТКИХ МНОЖИН

Однією з важливих властивостей людського інтелекту є здатність приймати рішення в умовах неповної або неточної інформації. Побудова моделей, які відтворюють цю властивість людського інтелекту, є однією з найважливіших задач розвитку комп'ютерних наук та технологій. Основи теорії нечітких множин та нечіткої логіки були закладені в 60-х роках XX ст. американським вченим Лотфі Заде. Його робота «Fuzzy Sets», що з'явилася в 1965 році в журналі «Information and Control», заклала основи моделювання інтелектуальної діяльності людини і стала поштовхом до розвитку нової області науки – «fuzzy logic» (англ. fuzzy – «нечіткий, розмитий, м'який»). Далі апарат теорії нечітких множин був розвинений зарубіжними і вітчизняними фахівцями, зокрема: Р. Беллманом, Т. Такагі та М. Сугено, Жд. Тангом, М. Заранді, Дж. Маєрсом, В. Сахінідісом, С. Орловським, А. Кофманом, А. Борисовим, А. Ротштейном, М. Сявавком, Ю. Зайченком [9] та іншими вченими.

### 2.1 Нечіткі множини

Згідно з Лотфі Заде, лінгвістичною називають змінну, значеннями якої є слова, припущення природної чи штучної мови. Зокрема, таку економічну категорію як «ціна» можна розглядати як змінну зі значеннями «дуже низька», «низька», «середня», «висока», «дуже висока». Перераховані значення цієї лінгвістичної змінної складають її терм-множину.

Для опису нечітких множин вводять поняття нечіткої і лінгвістичної змінних. Нечітку змінну описує набір  $\langle \beta, X, A \rangle$ , де  $\beta$  – назва змінної,  $X$  – універсальна множина (область визначення  $\beta$ ),  $A$  – нечітка множина на  $X$ , що описує обмеження на значення нечіткої змінної  $\beta$ .

Значеннями лінгвістичної змінної можуть бути нечіткі змінні, тобто лінгвістична змінна знаходиться на вищому рівні, ніж нечітка змінна. Кожна

лінгвістична змінна складається з: назви; множини своїх значень, що також називається базовою терм - множиною  $T$ . Елементи базової терм-множини є назвами нечітких змінних; універсальної множини  $X$  синтаксичного правила  $G$ , за яким генеруються нові терми із застосуванням слів природної або формальної мови; семантичного правила  $P$ , яке кожному значенню лінгвістичної змінної ставить у відповідність нечітку підмножина множини  $X$ .

Лінгвістичну змінну описує набір  $\langle \beta, T, X, G, M \rangle$ , де:

- $\beta$  – найменування лінгвістичної змінної;
- $T$  – множина її значень (терм-множина), що є назвами нечітких змінних, областю визначення кожної з яких є множина  $X$ ; множину  $T$  називають базовою терм-множиною лінгвістичної змінної;
- $G$  – синтаксична процедура, що дає змогу оперувати елементами терм-множини  $T$ , зокрема генерувати нові терми (значення);
- $M$  – семантична процедура, що дає змогу перетворити кожне нове значення лінгвістичної змінної, утвореної процедурою  $G$ , на нечітку змінну, тобто сформувану відповідну нечітку множину.

Згідно з класичною теорією множин, якщо елемент належить множині, то йому присвоюється значення 1, якщо ні – 0, тобто, та вводять таку функцію приналежності:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1, & x \in X \\ 0, & x \notin X, \end{cases} \quad (2.1)$$

де  $X$  - певна множина.

На відміну від класичного, нечіткий підхід розглядає використовує поняття нечітких множини та функцій приналежності елементів до них.

Нечітку множину  $A$  визначають через універсальну множину  $X$  і функцію належності  $\mu_A(x)$ , що приймає значення на відрізку  $[0,1]$ . Тому, нечітка множина  $A$  - це сукупність пар вигляду

$$A = \{(x, \mu_A(x)), x \in X\}. \quad (2.2)$$

Якщо базова шкала дискретна і скінченна, то нечітку множину записують наступним чином:

$$A = \sum_{i=1}^n x_i / \mu_A(x_i), \quad (2.3)$$

де  $x_i$  –  $i$ -те значення базової шкали.

Носієм нечіткої множини  $A$  ( $\text{sup } A$ ) із функцією належності  $\mu_A(x)$  є чітка множина, за умов коли  $x \in \text{sup } A \Leftrightarrow \mu_A(x) > 0$ , то

$$\text{sup } A = \{x | x \in X, \mu_A(x) > 0\}. \quad (2.4)$$

Функція належності  $\mu_A(x)$  визначає суб'єктивну міру впевненості експерта у тому, що задане конкретне значення базової шкали відповідає нечіткій множині.

Цю функцію не слід ототожнювати із ймовірністю, яка має об'єктивний характер та є підпорядкована іншим математичним законам.

У теорії прийняття рішень часто використовують нечіткі числа – це випукла, нормалізована, тобто коли  $\text{sup } \mu_A(x) = 1$ , нечітка множина  $A$  множини дійсних чисел  $X = R$ , якщо для неї існує тільки одне число  $x_0$  із  $\mu_A(x_0) = 1$ , а  $\mu_A(x) = 1$  є кусково-неперервною функцією (точка  $x_0$  є вершиною нечіткого числа  $A$ ) [9].

## 2.2 Операції над нечіткими множинами

Оскільки нечіткі множини являють собою в певному сенсі узагальнення поняття звичайних (чітких) множин, операції над ними також можуть розглядатись як відповідне узагальнення понять операцій над звичайними множинами, причому найхарактернішою відмінністю є необхідність визначення правил обчислення функції належності для результату кожної конкретної операції над множинами. Це зауваження цілком стосується і застосування логічних операцій над висловлюваннями з нечіткою мірою істинності.

Розглядатимемо дві нечіткі множини  $A$  і  $B$  на універсальній множині  $X$  з відповідними функціями належності  $\mu_A(x)$  і  $\mu_B(x)$ .

$A$  називається підмножиною нечіткої множини  $B$  й позначається  $A \subseteq B$ , якщо

$$\mu_A(x) \leq \mu_B(x), \forall x \in X. \quad (2.5)$$

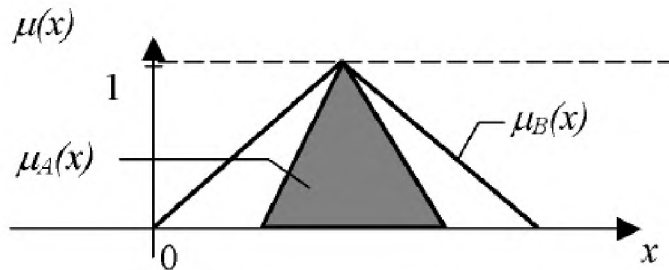


Рисунок 2.1 – Включення нечітких множин

Нечітка множина називається номінальною тоді і тільки тоді, коли  $\sup(\mu_A(x)) = 1$ , у протилежному випадку – субнормальною. Непорожні субнормальні множини можна нормалізувати, тобто перетворити їх на номінальну нечітку множину, розділивши  $\mu_A(x)$  на  $\sup(\mu_A(x))$ .

Нечіткі множини  $A$  і  $B$  рівні, якщо  $A \subseteq B$  та  $B \subseteq A$ :

$$\mu_A(x) = \mu_B(x), \forall x \in X. \quad (2.6)$$

Об'єднанням нечітких множин  $A$  і  $B$  на універсальній множині  $X$  називають нечітку множину  $C = A \cup B$  з функцією належності, що має вигляд

$$\mu_C(x) = \mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x). \quad (2.7)$$

На рисунку 2.2 зображено графік функції  $\mu_{A \cup B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$  [9].

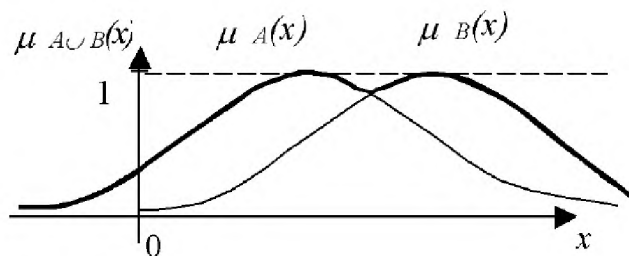


Рисунок 2.2 – Об'єднання нечітких множин

Перетином нечітких множин  $A$  і  $B$  на універсальній множині  $X$  називають нечітку множину  $C = A \cap B$  з функцією належності, що записується таким чином:

$$\mu_C(x) = \mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x). \quad (2.8)$$

Графік функції  $\mu_{A \cup B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$  зображено на рисунку 2.3 [9].

Доповненням нечіткої множини  $A$  на універсальній множині  $X$  називають нечітку множину  $\bar{A} = \{x, \neg\mu_A(x)\}$ ,  $x \in X$  з функцією приналежності

$$\mu_{\bar{A}}(x) = N(\mu_A(x)). \quad (2.9)$$

На рисунку 2.3 показано графік функції  $\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x)$  [9].

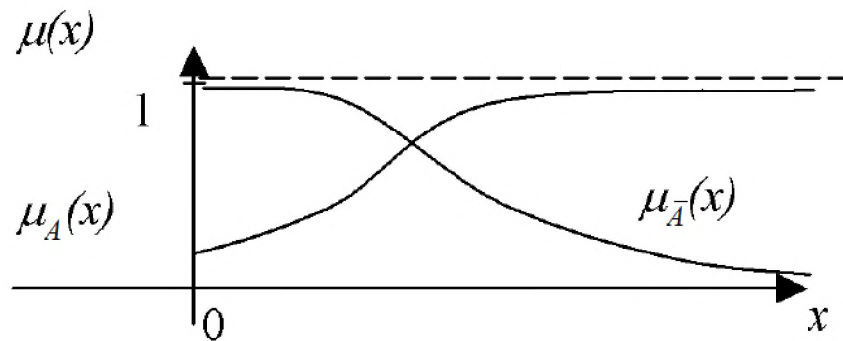


Рисунок 2.3 – Доповнення нечіткої множини

Важливо зауважити, що на відміну від звичайних множин, в теорії нечітких множин  $A \cap \bar{A} \neq \emptyset$ , тобто в універсальній множині  $X$  існують елементи, які одночасно належать й множині  $A$ , й її доповненню  $\bar{A}$ , і для окремих з них значення функцій належності навіть може бути однаковим, якщо воно дорівнює 0,5.

### 2.3 Нечіткі відношення та відповідності

Декартовим добутком  $A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n$  нечітких множин  $A_1, A_2, \dots, A_n$  на множествах  $X_1, X_2, \dots, X_n$  прийнято називати нечітку множину  $A$  на



декартовому добутку  $X = X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n$ , елементами якої є набори  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , а функція належності має вигляд:

$$\mu_A(x) = \mu_1(x) \wedge \mu_2(x) \wedge \dots \wedge \mu_n(x). \quad (2.10)$$

Випуклою комбінацією нечітких множин  $A_1, A_2, \dots, A_n$  на множині  $X$  називають нечітку множину  $A$ , функція належності якої має такий вигляд:

$$\mu_A(x) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \mu_{A_i}(x), \quad (2.11)$$

де  $\lambda_i \geq 0, \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$ .

Варто зауважити, що поняття випуклої комбінації нечітких множин використовується в задачах прийняття рішень за умови наявності декількох нечітких обмежень. В теорії звичайних множин поняття випуклої комбінації не використовується, оскільки там воно не має ніякого конкретного фізичного смислу. Нечіткі відношення мають фундаментальне значення в аналізі нечітких систем. Методи нечітких відношень широко використовуються в теорії нечітких автоматів, при моделюванні складних систем при розробці автоматизованих систем прийняття рішень тощо. Простим прикладом нечіткого відношення, що дуже часто зустрічається є нечіткі відношення: набагато більше, набагато менше та приблизно дорівнює.

Нехай  $X, Y$  – непорожні чіткі множини. Нечіткою відповідністю  $R$  є нечітка підмножина декартового добутку множин  $X \times Y$ .

Нехай  $X$  – непорожня множина. Нечітким відношенням  $R$  називають нечітку підмножину декартового добутку  $X^2 = X \times X$ , де  $X$  – область задання нечіткого відношення.

Якщо  $R$  – нечітке відношення, то  $\mu_R(u, v)$  інтерпретують як ступінь належності пари  $(u, v)$  відношенню  $R$ . На відміну від класичних відношень, належність пари до котрих визначається за допомогою характеристичної функції, в нечітких відношеннях приналежність пари отримують за допомогою функції належності.



## **Висновки до розділу 2**

Застосування на практиці положень теорії нечітких множин передбачає використання функцій належності, за допомогою яких лінгвістична інформація може бути опрацьована. Серед них найбільш поширеними у застосуванні є трапецієподібні, трикутні та кусково – лінійні функції.

Застосування конкретної форми функції приналежності залежить від системи переваг особи, що приймає рішення.

Апарат теорії нечітких множин, продемонстрував ряд багатообіцяючих можливостей застосування – від систем керування літальними апаратами до прогнозування підсумків виборів.

### 3 МНОЖИНИ, БУЛЕВА АЛГЕБРА І ЕКСПОНЕНЦІЙНІ ФОРМУЛИ

#### 3.1 Множини і булева алгебра

Множина - це сукупність, зібрання деяких предметів будь-якої природи. Множиною називається також абстрактний об'єкт, про який говорять, що він не містить будь-яких елементів. Цей об'єкт називають пустою множиною. Розглянемо множину, про яку нам відомо, що вона не порожня, тобто що множина містить принаймні один елемент. Ми будемо називати цю множину універсальною і позначати її  $1$ . Позначимо буквою  $M$  множину всіх підмножин універсальної множини  $1$ , включаючи порожню множину, що позначається  $0$ . Ми вважаємо, що кожна множина включає саму себе в якості підмножини.

Вираз  $A \supseteq B$ , де  $A \in M$  і  $B \in M$  означає, що  $B$  є підмножина  $A$ , причому  $B$  може бути самою множиною  $A$ . вираз  $A \supset B$  означає, що  $B$  є підмножина  $A$ , причому  $B \neq A$ . [2]

Домовимося операцію об'єднання двох множин позначати  $+$ , а операцію перетину  $*$ . Риска над буквою позначає унарну операцію знаходження доповненої множини, тобто  $\bar{A}$  є множина елементів універсальної множини, що не входять в  $A$ . Для спрощення оперування з множинами можна використовувати діаграми Венна. На малюнку 1.1 вони наведені для об'єднання двох множин,  $A + B$ , перетину двох множин,  $A * B$ , і множини, доповненої до даної,  $\bar{A}$ .

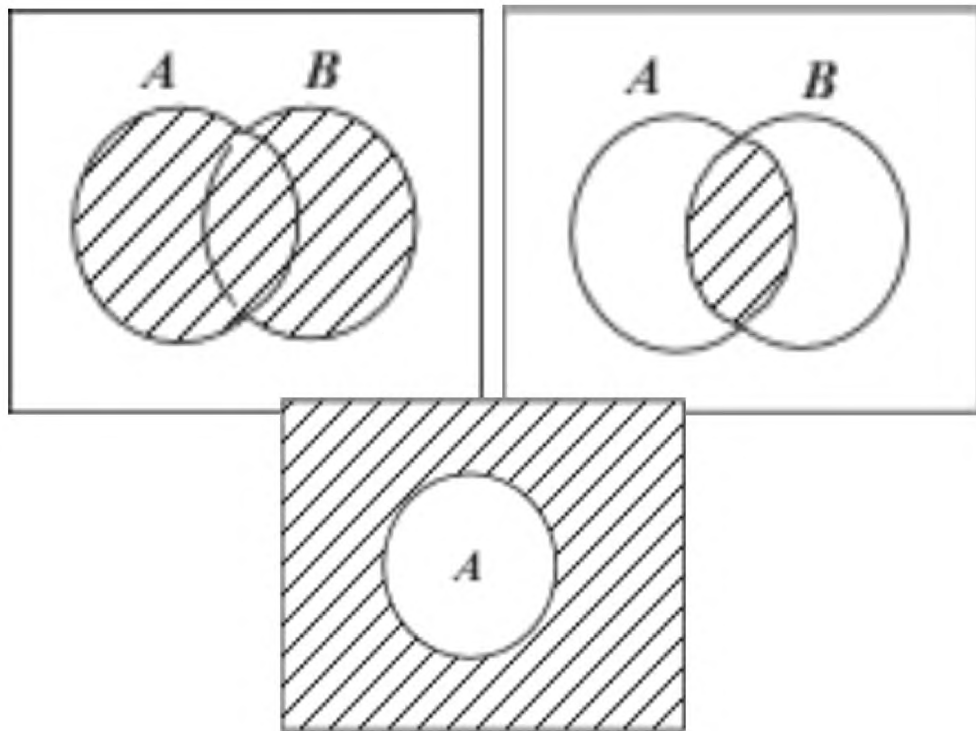


Рисунок 3.1 - Діаграми Венна

Для множин, що належать М, справедливі наступні відношення:

1.  $A + A = A$
2.  $A A = A$
3.  $A + B = B + A$
4.  $A B = B A$
5.  $A + (B + C) = (A + B) + C$
6.  $A (B C) = (A B) C$
7.  $A (B + C) = AB + AC$
8.  $A + BC = (A+B) (A+C)$
9.  $A + B = \overline{\overline{A} \overline{B}}$
10.  $A + 0 = A$
11.  $A + 1 = 1$

$$12. \overline{\overline{A}} = A$$

$$13. A + \overline{A} = 1$$

$$14. \overline{1} = 0$$

Співвідношення 1 –14 співпадають з системою аксіом для булевої алгебри. Тому множину з операціями  $+$ ,  $*$ ,  $\overline{\phantom{x}}$ , і відношенням можна розглядати як булеву алгебру.

Якщо універсальна множина складається з одного елемента  $\alpha$ , то булева алгебра складається з двох елементів: одиниці - універсальної множини, що складається з одного елемента  $\alpha$ , і порожньої множини  $\{\}$ . Якщо універсальна множина складається з двох елементів  $\alpha, \beta$ , то булева алгебра складається з чотирьох елементів:  $1 = \{\alpha, \beta\}$ ,  $\{\alpha\}$ ,  $\{\beta\}$ ,  $0 = \{\}$ .

Загалом, якщо універсальна множина складається з  $k$  елементів, то відповідна булева алгебра складається з  $2^k$  елементів.

### 3.2 Експоненційні формули і рівняння

Важливу роль в подальшому буде відігравати функція

$$\Phi(a, b) = a + \overline{b} \quad (3.1)$$

Запис в експоненційній формі буде такий:

$$\Phi(a, b) = a^b \quad (3.2)$$

І виконується конвенція

$$a^{b^c} = a^{(b^c)} \quad (3.3)$$

Виконуються наступні відношення:

$$1. a^b a^c = a^{b+c}$$

$$2. (a^b)^c = a^{bc}$$

$$3. (ab)^c = a^c b^c$$

$$3. a^b + a^c = a^{bc}$$

$$5. (a + b)^c = a^c + b^c$$

$$6. (a + b)^c = a^c + b$$

$$7. a^c + b = a + b^c$$

$$8. a^{a+b} + b^{a+b} = 1$$

$$9. a^a = 1$$

$$10. a^{ab} = 1$$

$$11. (a + b)^a = 1$$

$$12. a^b + b^a = 1$$

$$13. a^0 = 1$$

$$14. 1^a = 1$$

$$15. a^1 = a$$

$$16. a^{\bar{a}} = a$$

$$17. 0^a = \bar{a}$$

Кожний вираз можна перевести стандартний лінійний запис.

Наприклад

$$a^{b^{c+d}} = a^{b+\overline{c+d}} = a^{b+\bar{c}\bar{d}} = a + \overline{b+\bar{c}\bar{d}} = a + \bar{b} \overline{\bar{c}\bar{d}} = a + \bar{b}(c+d) \quad (3.4)$$

Майже завжди зручніше просто підставити значення змінних прямо в експоненційну формулу.

Наприклад задана формула

$$a^{b^{cd}} \quad (3.5)$$

Визначена на множині  $M$  універсальної множини  $\{\alpha, \beta, \gamma\}$ . Множина  $M$  складається із 8 елементів:

$$1 = \{\alpha, \beta, \gamma\}, \{\alpha, \beta\}, \{\alpha, \gamma\}, \{\beta, \gamma\}, \{\alpha\}, \{\beta\}, \{\gamma\}, \{\} = 0 \quad (3.6)$$

Нехай

$$a = \{\alpha\}, b = \{\alpha, \beta\}, c = \{\beta, \gamma\}, d = 1 \quad (3.7)$$

Якщо підставити в експоненційну формулу ці значення отримаємо

$$\begin{aligned} \{\alpha\}^{\{\alpha, \beta\}^{\{\beta, \gamma\}} 1} &= \{\alpha\}^{\{\alpha, \beta\} + \overline{\{\beta, \gamma\}}} = \{\alpha\}^{\{\alpha, \beta\} + \{\alpha\}} = \\ &= \{\alpha\}^{\{\alpha, \beta\}} = \{\alpha\} + \overline{\{\alpha, \beta\}} = \{\alpha\} + \{\gamma\} = \{\alpha, \gamma\}. \end{aligned} \quad (3.8)$$

Так само виконуються розрахунки для більш складних формул з більшим числом елементів.

Розглянемо функцію

$$y = Ax + B\bar{x} \quad (3.9)$$

де  $x, A, B \in M$ ;  $A$  і  $B$  не залежить від  $x$ .

Рівняння

$$Ax + B\bar{x} = x \quad (3.10)$$

Має розв'язок тоді і тільки тоді, коли  $A \supseteq B$

Доведення:

Нехай рівняння має розв'язок. Тоді  $Ax = x$  і  $B\bar{x} = 0$ . Із першої рівності слідує, що  $A \supseteq x$ , із другої, що  $x \supseteq B$ , оскільки із того, що доповнення до  $x$  не перетинається з  $B$ , слідує, що  $B$  міститься в  $x$ . Таким чином,  $A \supseteq B$ .  
Нехай  $A \supseteq B$ . Оберемо такий  $x$ , що  $A \supseteq x \supseteq B$ . Видно, що  $Ax = x$  і  $B\bar{x} = 0$ , оскільки перетин  $B$  з доповненням  $x$  порожньо. Із останніх двох рівностей слідує, що  $x$  рішення рівняння.

Із доведення випливає, що кожний  $x$  інтервалу  $A \supseteq x \supseteq B$  є рішенням рівняння.

Розглянемо приклад.

Нехай задано рівняння

$$Px + R = x \quad (3.11)$$

Спочатку дізнаємося чи має воно рішення. Для цього треба представити його у вигляді. Можна записати наступним чином

$$Px + R(x + \bar{x}) = x \quad (3.12)$$

$$(P + R)x + R\bar{x} = x \quad (3.13)$$

В цьому рівнянні роль  $A$  грає  $P+R$ , а роль  $B$  грає множина  $R$ . Видно, що

$$(P + R) \supset R \quad (3.14)$$

Таким чином рівняння має хоча б одне рішення. Воно належить інтервалу

$$(P + R) \supset x \supset R \quad (3.15)$$

### Висновки до розділу 3

Розглянуто та детально розібрано поняття теорії множин і булевої алгебри, які будуть в подальшому використовуватися. Алгебра отримала назву «булева» в честь її винахідника Дж. Буля. Операції в ній задумані так, щоб її можна було використовувати в логічних міркуваннях. Використання цієї алгебри є надзвичайно важливим.

## 4 АНАЛІЗ МОДЕЛІ РЕФЛЕКСИВНОГО АГЕНТА

### 4.1 Поняття графу відношень рефлексивних агентів у групі

Будемо припускати, що кожен два суб'єкти в групі знаходяться або відношенні союзу, або відношенні конфронтації. Цю групу зображують у вигляді графу, вузли якого відповідають суб'єктам а ребра цього графу відповідають відношенням між ними. Отримують граф, кожен два вузли якого зв'язані ребром. Такі графи називають повними, які зв'язують два вузла  $a$  і  $b$ . Якщо граф складається із одного вузла, тоді він називається елементарним. Множину всіх ребер не елементарного повного графу на дві непересічні множини. Всі підмножини будуть називатися відношеннями  $R$  і  $\bar{R}$ . Одне із них буде трактуватися як відношення союзу а інше як відношення конфлікту. Якщо  $(a, b) \in R$ , тоді  $a$  і  $b$  зв'язані ребром  $R$ , що записується як  $aRb$ . Якщо  $(a, b) \in \bar{R}$ , тоді  $a$  і  $b$  зв'язані ребром  $\bar{R}$ , що записується як  $a\bar{R}b$ . Всі наступні визначення для  $R$  виконуються і для  $\bar{R}$ . Якщо два вузла  $a$  і  $b$  можуть бути зв'язані послідовністю ребер типу  $R$ , ми скажемо що  $a$  і  $b$  зв'язані по  $R$ . Якщо будь-які два вузла  $a$  і  $b$  графа зв'язані по  $R$ , можемо сказати, що граф  $a$  і  $b$  зв'язаний по  $R$ . Якщо граф  $G$  складається із підграфів які попарно знаходяться у відношенні  $R$  можемо сказати що граф  $G$  розділений на ці підграфи і будемо записувати як  $G = A_1 R A_2 R \dots R A_n$ , де  $A_1, A_2, \dots, A_n$  є підграфи. Запис  $B \subseteq A$  означає, що граф  $B$  є підграфом  $A$ : множина вузлів графа  $B$  є підмножиною вузлів графа  $A$ , його ребра індукується графом  $A$ , тобто кожне ребро  $B$ , яке зв'язує два вузла  $a$  і  $b$ , співпадає з ребром графа  $A$ , яке зв'язує ці вузли. Вираз  $B \subset A$  означає, що  $B$  є під графом  $A$ , який не співпадає з  $A$ . Якщо  $B \subseteq A$  і  $C \subseteq A$  то  $D = B \cap C$  означає, що  $D$  є граф, який складається із об'єднання вузлів, які належать  $B$  і  $C$  з ребрами, які індукує граф  $A$ , а  $E = B \cup C$  означає, що  $E$  є граф, який складається із перетину множин вузлів, які належать  $B$  і  $C$  з ребрами, які індукує граф  $A$ . Вираз  $a \in A$  означає, що  $a$  є



вузел графа  $A$ ;  $A_{(k)}$  означає що граф  $G$  складається із вузлів. Вираз  $G-A$  означає граф  $G$ , з якого видалені всі вузли які належать  $A$ .

Граф  $G$  стратифікований по  $R$ , якщо він може бути представлений як  $G=ARB$ . Графи  $A$  і  $B$  називаються стратами графа  $G$  по  $R$ .

Граф буде тотально стратифікований, якщо будь-який його неелементарний підграф стратифікований по  $R$  або по  $\bar{R}$ .

Якщо граф  $A$  страта в  $G$  по  $R$ , і якщо  $A$  не стратифікований по  $R$ , то граф  $A$  буде називатися мінімальною стратою графа  $G$  по  $R$ [2].

Теорема про тотальну стратифікацію

Граф який складається з чотирьох вузлів, які зв'язані одночасно і по  $R$  і по  $\bar{R}$ , буде позначатися як  $S_{(4)}$ , приклад такого графа є на малюнку

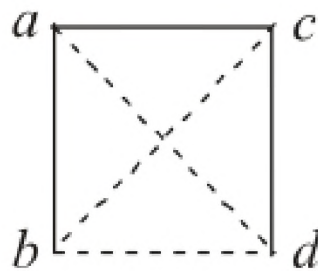


Рисунок 4.1 – Граф типу  $S_{(4)}$

Граф  $G$  тотально стратифікований тоді і тільки тоді, коли серед його підграфів нема  $S_{(4)}$ .

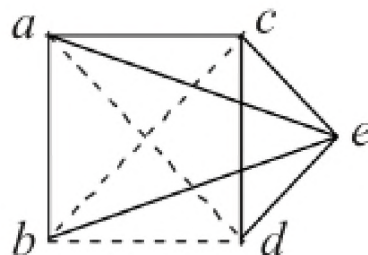


Рисунок 4.2 – Стратифікований, але не тотально стратифікований

Граф на малюнку стратифікований, оскільки він може бути представлений як  $\langle a, b, c, d \rangle R \langle e \rangle$ . Але він містить підграф  $\langle a, b, c, d \rangle$ , який є  $S_{(4)}$ . Тому цей граф  $\langle a, b, c, d, e \rangle$  тотально нестратифікований.

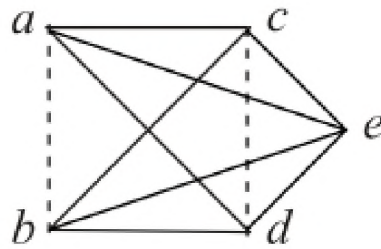


Рисунок 4.3 – Тотально стратифікований граф

У графа на малюнку ні один з чотирьох вузлових підграфів не є  $S_{(4)}$ .

Із теореми про тотальну стратифікацію слідує, що граф на малюнку тотально стратифікований. Тому правило визначення того, чи є цей граф тотальності ратифікований, полягає в поясненні, чи містить він підграф  $S_{(4)}$ .

Якщо не містить, граф тотально стратифікованих, якщо містить, то ні. Можемо зробити висновки, що графи, які складаються із двох чи трьох вузлів, тотально стратифіковані.

Розглянемо деякий тотально нестратифікований граф. Почнемо в довільному порядку видаляти по одному його вузлу разом з прилеглими до них ребрами. Через деяке число кроків така процедура приводить нас до тотального стратифікованих графу, оскільки, якщо ми дійшли до графу із трьох вузлів, то він точно тотально стратифікований.

Граф не може бути стратифікований по  $R$  і по  $\bar{R}$  одночасно.

Якщо граф стратифікований по  $R$ , то його розділення на мінімальні по  $R$  страти єдине, з точністю до нумерації страт.

На цих твердженнях основана процедура декомпозиції стратифікованого графа. Вона складається із поступового розділу графу на мінімальні страти. Кожна мінімальна страта, яка отримується при цьому, належитьокремому рівню розділення, яке має свій порядковий номер. Розглядається кожна мінімальна страта, яка знаходиться у відношенні до других мінімальних втрат, і перевіряється, чи стратифікована вона по  $\bar{R}$ . Якщо вона не стратифікована, її розгляд закінчується. Але якщо вона стратифікована – вона розділяється на свої

мінімальні страти по, які належать наступному рівню. Ця процедура породжує дерева. Відношення чергуються по рівням.

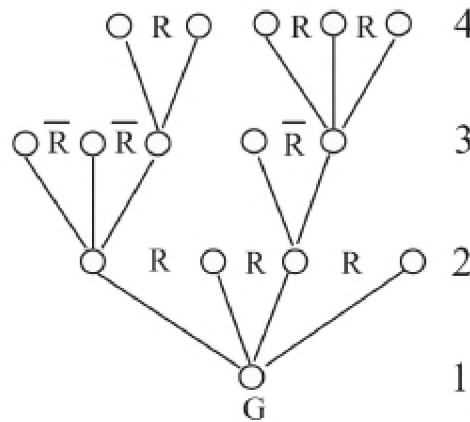


Рисунок 4.4 – Приклад дерева декомпозиції графу  $G$

Кожному кружку на рисунку 4.4 відповідає підграф графа  $G$ , символи  $R$  і  $\bar{R}$  відповідають відношенням між мінімальними втратами. Якщо кружок є кінцевим, тобто з нього не виходять вітки, йому відповідають або елементарний граф, який складається із одного вузла, або не стратифікованих граф. Дерево декомпозиції стратифікованих графа єдине, з точністю до порядку вихідних із кружків віток.

Можна називати граф декомпонований якщо він не елементарний, і кожний кружок - кінець в дереві декомпозиції відповідає елементарному графу.

#### Теорема про декомпозицію

Граф  $G$  декомпонований тоді і тільки тоді, коли він тотально стратифікований. Тобто можна сказати що граф декомпонований тоді і тільки тоді, коли серед його під графів нема  $S_{(4)}$ .

Декомпоновані графи можуть бути представлені в аналітичному запису, що полегшує їх розгляд. Ведемо процедуру переходу від дику позову до аналітичного запису. По-перше, треба побудувати дерево декомпозиції. Потім треба побудувати граматичне дерево, ізоморфне дереву декомпозиції. Символи

$R$  і  $\bar{R}$  поміщаються на ті ж місця, що і в дереві декомпозиції. В кінці віток граматичного дерева, із яких не виходять вітки, позначаються буквами які відповідають вузлам графа. розвітвлення позначаються іншими буквами. Букви, які відповідають кінцем віток, називається кінцевими, а інші букви - проміжні. Кожна проміжна буква означає групу символів, які розташовані безпосередньо вище неї, і можуть бути заміщені цією групою символів, яка взята в круглі дужки. В результаті такої процедури ми отримуємо слово, яке являється аналітичним записом графу.

Розглянемо граф

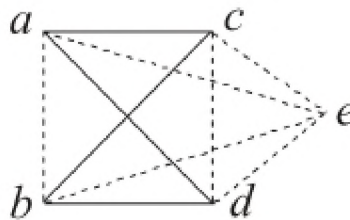


Рисунок 4.5 – Декомпонований граф

Цей граф декомпонований, оскільки він не містить підграфу  $S_{(4)}$ . Дерево його декомпозиції дано на малюнку, а граматичне дерево для цього графу - на малюнку. Букви  $a, b, c, d, e$  являються кінцевими буквами, а  $A_1, A_2, A_3, A_4$  - проміжними. Буква  $A_3$  означає вираз  $a\bar{R}b$ , буква  $A_4$  позначає вираз  $c\bar{R}b$ . Можна заключити ці вирази в круглі дужки і підставити їх на місце  $A_3$  і  $A_4$ . Буква  $A_2$  позначає вираз  $(a\bar{R}b)R(c\bar{R}b)$ . Далі заключимо цей вираз в дужки і заміщаємо їм букву  $A_2$ . Нарешті, вираз  $((a\bar{R}b)R(c\bar{R}b))\bar{R}e$  ставимо замість букви  $A_1$ , і заключаємо його в дужки.



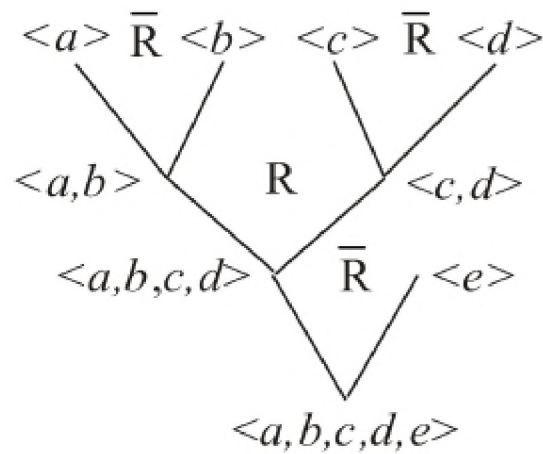


Рисунок 4.6 – Дерево декомпозиції графу на рисунку 4.5

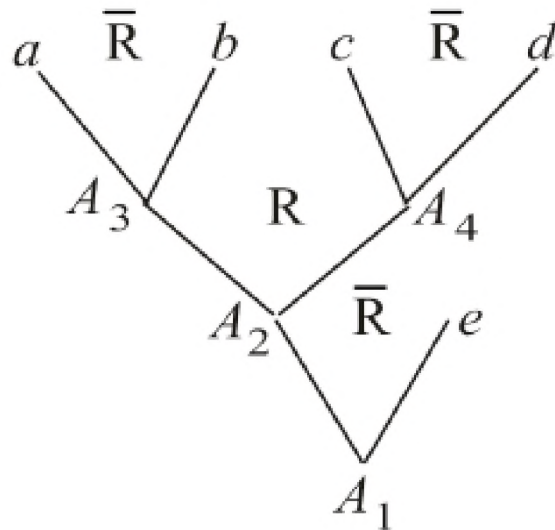


Рисунок 4.7 – Граматичне дерево графу на рисунку 4.5

В результаті граматичне дерево приймає вид, як на рисунку 4.8. Будь-який декомпонований граф може бути представлений у вигляді подібного дерева. Кожному вузлу відповідає аналітичний запис деякого підграфу.

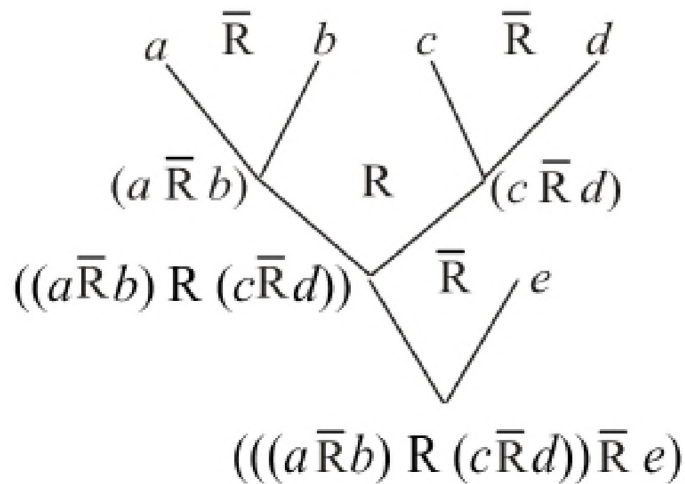


Рисунок 4.8 – Граматичне дерево після заміни букв  $A_1, A_2, A_3$ , і  $A_4$ , виразами, які вони позначають

## 4.2 Поліноми і діагональні форми

Будемо розглядати букви в аналітичному запису графа як змінні, які визначені на множині  $M$  всіх підмножин деякої універсальної множини, а символи  $R$  і  $\bar{R}$  як операції перетину ( $*$ ) і об'єднання ( $+$ ), які визначаються на цій множині. Далі замість одного із символів  $R$  і  $\bar{R}$ , можна буде записувати знак  $*$ , а замість другого символу знак  $+$ . Назвемо знак  $*$  множення, а знак  $+$  додаванням. Аналітичний запис графу- поліном. Поліном який складається із однієї букви- це елементарний поліном. Він відповідає елементарному графу. Якщо це все врахувати то аналітичний запис на малюнку стане наступним поліномом:

$$(((a + b) \cdot (c + d)) + e) \quad (4.1)$$

Поліноми можуть бути заключені у квадратні дужки.Тобто можемо записати попередній поліном як:

$$[(a + b) (c + d) + e] \quad (4.2)$$

А граматичне дерево на рисунку 4.8 перетворюється в дерево поліномів:

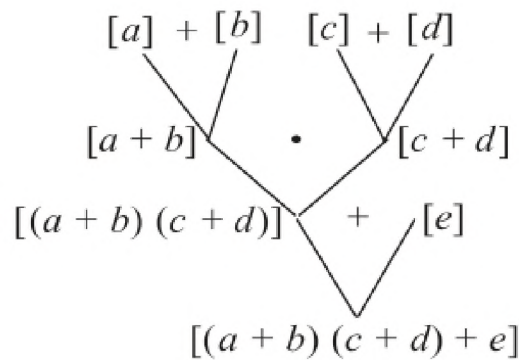


Рисунок 4.9 – Дерево поліномів

Можна опускати лінії при зображенні дерева поліномів. Від кожного з елементарного поліному будемо записувати поліноми, які розташовані безпосередньо над ним, тим самим, породжуючи деревовидний об'єкт запитас який Далі будемо називати діагональною формою[2]. Для дерева на рисунку 4.9 діагональна форма буде мати наступний вигляд:

$$\begin{array}{rcccl}
 & & [a] + [b] & & [c] + [d] \\
 & & [a + b] & & [c + d] \\
 & & [(a + b)(c + d)] & & + [e] \\
 [(a + b)(c + d) + e] & & & & 
 \end{array} \quad (4.3)$$

Для практичного знаходження поліному який відповідає простому дикуму позовному графу, не обов'язково використовувати граматичне дерево в явному вигляді.

На рисунку 4.10 показані всі графи які складаються із трьох вузлів і поліноми, які їм відповідають

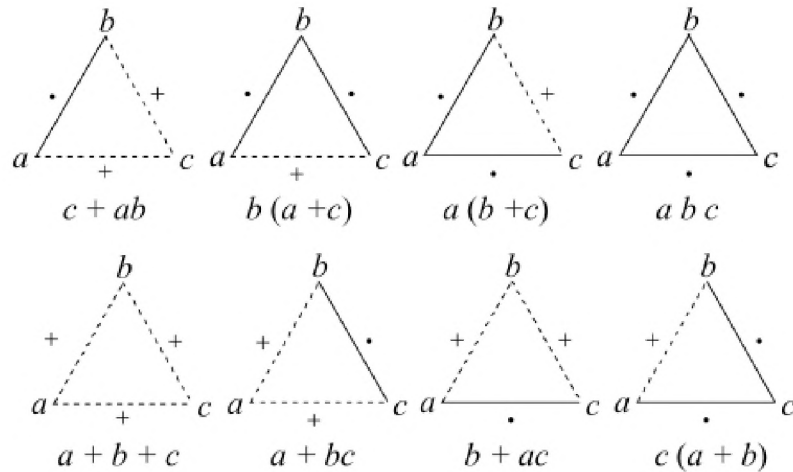


Рисунок 4.10 – Графи , які складаються із трьох вузлів

Подібним чином можуть бути знайдені поліноми для декомпонованих графів з великим числом вузлів. Розглянемо, наприклад, декомпонований граф, який складається із чотирьох вузлів:

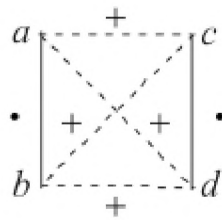


Рисунок 4.11 – Декомпонований граф

Цей граф розкладається на 2 підгрупи з вузлами  $a, b$ , і  $c$ . Вузли першого підграфу зв'язані з вузлами другого одним і тим же відношенням  $+$ . Отже в такому ж відношенні знаходяться під графи. Кожний із підграфів не розкладається на менші підгрупи по відношенню  $+$ , тобто вони являються мінімальними стратами по відношенню  $+$ . При цьому кожний підграф може бути розкладений на елементарній підгрупи по відношенню  $*$ . Таким чином графу на рисунку 4.11 відповідає поліном:  $ab + cd$

Помічаємо що поліном має відповідати аналітичному запису графа. Тому до побудови діагональної форми не можна розкривати дужки і виконувати інші якісь дії над поліномом, крім комутативних.



Опишемо побудову діагональної форми для випадку, Коли нам відомий поліном. Слід називати поліном мінімальним по  $*$ , якщо він не може бути представлений як добуток  $A*B$ , і мінімальним по  $+$ , якщо він не може бути представлений як сума  $A+B$ .

Процедура така:

1. Спочатку слід розглянути даний поліном і потім просто заключити його в квадратні дужки.
2. Звісно процедура буде закінченою якщо даний поліном є елементарним.
3. Якщо поліном не елементарний і може бути представлений як добуток запитаю тоді його слід розкласти на на множники поліноми, мінімальні по, і слід записати їх вправо вверх один за одним, і просто помістити кожний мінімальний множник в квадратні дужки.
4. Якщо поліном може бути представлений як сума, тоді слід розкласти його на поліноми доданки, мінімальні по, і записати їх вправо вверх один за одним і просто помістити кожний доданок в квадратні дужки причому з'єднуючи їх знаком  $+$ .
5. Для кожного по-різному записаного справа наверх, процедура повторюється, починаючи з пункту 2.
6. Процедура закінчується, коли кожний не елементарний поліном має діагональні елементи.

Розглянемо граф

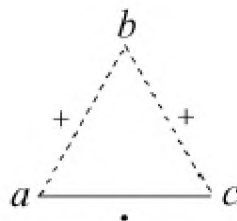


Рисунок 4.12 – Декомпонований граф

Йому відповідає поліном  $b + ac$ . Побудуємо діагональну форму. По-перше слід заключити поліном в квадратні дужки:

$$[b + ac]. \quad (4.4)$$

Вихідний поліном є сума двох поліномів, який мінімальний по  $+$ : Поміщаємо кожне в квадратні дужки запитаю і з'єднуємо знаком  $+$  і пишемо справа вверх від вихідного поліному:

$$\begin{array}{c} [b] + [ac] \\ [b + ac] \end{array} \quad (4.5)$$

Ми бачимо, що поліном  $[b]$  являється елементарним і не може бути далі розкладений, а поліном  $[ac]$  не елементарний, він являється добутком двох поліномів,  $a$  і  $c$ . Розміщуємо їх в квадратних дужках і пишемо один за одним справа вверх від поліному  $[ac]$ :

$$\begin{array}{c} [a] [c] \\ [b] + [ac] \\ [b + ac] \end{array} . \quad (4.6)$$

Процедуру побудови діагональної форми закінчено.

Кожній не елементарній діагональній формі відповідає функція, яка являється композицією мулевих операцій  $+, *, \bar{\phantom{x}}$  яка представляється як

$$Aa + B\bar{a} \quad (4.7)$$

Можна використовувати дві інтерпретації діагональної форми. З однієї сторони вона буде розумітися як зображення суб'єкту з його внутрішнім світом, а з іншої - як експоненційна формула, яка представляє функцію і яка дозволяє проводити розрахунки. Таким чином, діагональна форма грає роль і картинки і формули.

### 4.3 Суб'єкт у групі і представлення групи

Суб'єктом називається індивід чи будь-яка організація запитає в яку включені люди. Сукупність суб'єктів створюють групу. Кожні два суб'єкти в групі знаходяться або у відношенні союзу або у відношенні конфлікту. Поняття

союзу і конфлікту, в рамках нашої моделі, являються фундаментальними і не можуть бути зведені до других понять. Групі відповідає множина дій, які можуть бути виконані суб'єктами. У вихідній моделі, кожний суб'єкт може виконати кожне з цих дій.

Для будь-якої підмножини дій визначається, чи можливо або неможливо реалізувати їх одночасно. Кожна підмножина дій називається альтернативою. Суб'єкт може вибрати одну із альтернатив, а потім реалізувати будь-яку сумісну множину дій, які входять у вибрану альтернативу. Вибір суб'єкта залежить від відношень в групі і впливів, які на нього виказують інші суб'єкти. Крім цього, у суб'єкта виникає інтенція (намір) зробити вибір тієї чи іншої альтернативи. Інтенція розглядається як самоплив.

Суб'єкт може інтегрувати вплив всіх суб'єктів у вплив групи як цілого. Кожному суб'єкту відповідає діагональна форма, яка побудована на основі графу відношень в групі. Діагональна форма описує структуру рефлексії суб'єкта, тобто ієрархію образів себе, і одночасно задає функцію вибору суб'єкта. Цій функції відповідає формальна процедура обчислення її значення, яка розглядається як модель ментальної генерації вибору. Граф відношень в групі і вплив інших накладають обмеження на вибір суб'єкта. Модель дозволяє передбачити можливі вибори суб'єкта з включенням таких обмежень.

Допускаємо, що суб'єкт може виконати будь-яке із дій. Всі ці дії являються прийнятними для суб'єкту, тобто він може виконати кожне із них і технічно, і морально. Припускається, що на множині дій не задано відношення переваги. Множина дій розглядається як універсальна множина. Множина  $M$  всіх підмножин універсальної множини, є множиною альтернатив. Іншими словами, кожна альтернатива є підмножиною множини дій. Вибір пустої альтернативи інтерпретується як відмова суб'єкта зробити вибір не пустої альтернативи. Активність суб'єкту заключається в тому, що він вибирає альтернативу із множини  $M$ , а потім реалізує вибір. Таким чином в моделі відбувається розрізнення вибору і реалізації вибору. На множині всіх підмножин дій задається унарне відношення реалізуємості. Пуста множина і

одноеlementна множина завжди реалізується. Для інших множин реалізація повинна бути спеціально задана. Якщо вибрана не порожня альтернатива, то потім може бути реалізована будь-яка її не порожня підмножина, причому тільки одна.

Кожному суб'єкту відповідає діагональна форма. Вона задає його функцію вибору. Розглянемо функцію вибору суб'єкта

$$\Phi_k = \Phi(a_1, \dots, a_k, \dots, a_n) \quad (4.8)$$

Змінні задані на множині  $M$  всіх підмножин універсальної множини дій. Значення функції є вибір суб'єкта. Змінній відповідає суб'єкт. Значення є альтернатива, до вибору якої суб'єкт схиляє суб'єкта. Значення змінної є інтенція або намір суб'єкту вибрати конкретну альтернативу. Введемо тепер суб'єктів двох типів: суб'єкти першого типу неціле направлені, суб'єкти другого типу ціленаправлені. У неціленаправленого суб'єкту може виникнути будь-яка інтенція, тобто змінна приймає будь-яке значення із  $M$ , і вибір суб'єкту задається функцією 4.8. У ціленаправленого суб'єкту при заданих значеннях виникають лише такі інтенції, які можуть перетворитися у вибір. Кожна така інтенція є рішенням рівняння :

$$a_k = \Phi_k(a_1, \dots, a_k, \dots, a_n) \quad (4.9)$$

Одночасно таке рішення інтерпретуються як можливий вибір. Це рівняння може не мати рішень. І їх відсутність інтерпретується як нездатність суб'єкту здійснити інтенціональний вибір.

Приступимо тепер до розгляду зв'язку діагональної форми з ментальними аспектом активності суб'єкта. Діагональна форма будується з допомогою декомпозиції графа групи, членом якої являється суб'єкт. Вона представляє суб'єкта, у якого є ієрархія образів самого себе. Діагональна форма являється деревом, в розвітвленнях і кінцях віток якого знаходяться поліноми, які розміщені у квадратних дужках. Ці поліноми утворюють частково упорядковану множину, якщо поліном відмінний від початкового, вважати наступним за поліномом, відносно якого він знаходиться справа вверху. Кожному поліному, який входить в діагональну форму, відповідає своя

діагональна форма, в якій він нижній поліном. Припустимо, що діагональна форма  $B$  слідує за діагональною формою  $A$ , якщо нижній поліном форми  $B$  слідує з нижнім поліномом форми  $A$ . Розглядаючи діагональні форми як зображення суб'єктів, Далі будемо говорити, що  $B$  є образ себе у суб'єкта  $A$ , якщо  $B$  слідує за  $A$ . Це дає нам можливість будувати по діагональній формі рекурсивні висловлювання типу « $A_m$  є образ себе у  $A_{m-1}$ ». Кожному вислову відповідає маршрут по віткам дерева від одного із його кінців до кореня. Тому ці вислови кінцеві. Для кожної діагональної форми їх набір єдиний.

В якості прикладу можемо розглянути діагональну форму. Частковий порядок поліномів, які входять до неї дано на малюнку. Знаючи його, знаходимо частковий порядок на множині діагональних форм. Діагональна форма і частковий порядок поліномів:

$$\begin{array}{c}
 [a_2] \quad [a_3] \\
 \quad \quad [a_1] + [a_2 a_3] \\
 [a_1 + a_2 a_3]
 \end{array}
 \quad . \quad (4.10)$$
  

```

graph TD
    A2["[a₂]"] --- B["[a₁ + a₂ a₃]"]
    A3["[a₃]"] --- C["[a₂ a₃]"]
    A1["[a₁]"] --- B
    A1 --- C
    B --- D["[a₁ + a₂ a₃]"]
    C --- D
  
```

Рисунок 4.13 – Частковий порядок поліномів

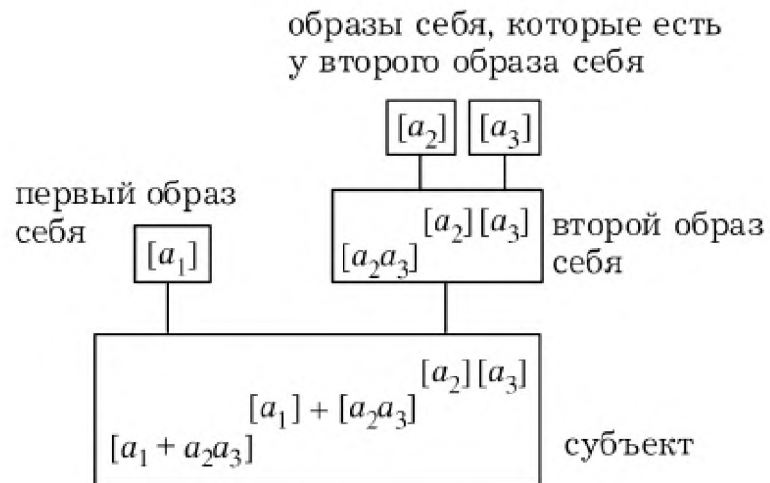


Рисунок 4.14 – Частковий порядок діагональних форм

Кожному нижньому поліному діагональної форми відповідає група, яка впливає на суб'єкта. Знаку  $*$  відповідає відношення союзу, а знаку  $+$  відношення конфлікту. Значення поліному інтерпретується як вплив, який виказує на суб'єкта група. Поліноми, які слідує за нижнім, відповідають мінімальні страти, на які розбита вихідна група. Кожна мінімальна страта впливає на відповідний образ себе у суб'єкта. Відношення між образами визначається відношенням між мінімальними стратами, які на них впливають. Якщо мінімальні страти в союзі, то і образи в союзі; якщо мінімальні страти в конфлікті, то і образи в конфлікті.

Суб'єкт, який складається із однієї букви називається елементарним. Йому відповідає поліном  $[a]$ , який являється одночасно його діагоналлю формою.

Не елементарний суб'єкт може бути зображений діагональною формою виду

$$\Phi = P^W \quad (4.11)$$

де  $P$  є нижній поліном діагональної форми,  $W = A_1 * A_2 * \dots * A_k$ ;  $k \geq 2$ ;  $*$  або  $+$ , і  $A_i$  - діагональні форми, які представляють образи себе у суб'єкта.

Вираз  $W$  відповідає інтегральному образу себе у суб'єкта, який в рамках моделі, складається із набору образів себе, які знаходяться або у відношенні союзу одне з одним або у відношенні конфлікту.

Наприклад узагальнений образ себе у суб'єкта (4.14) представляється виразом

$$W = [a_1] + [a_2 \ a_3] \quad (4.12)$$

Вираз (4.11) задає функцію, яка називається функцією рефлексії. Вона може бути представлена як

$$\Phi = P + \overline{W} \quad (4.13)$$

Змінні  $P$  і  $W$  приймають значення із множини альтернатив. Значення  $P$  інтерпретується як альтернатива, до вибору якої суб'єкта схиляє група. Дії, які входять в множину  $P$ , можна називати привабливими для групи, а дії, які входять в множину  $\overline{P}$ , не привабливими для групи. Слід підкреслити, що  $P$  це множина привабливих для групи дій, здійснення яких очікується саме від даного суб'єкта. Вплив групи на іншого суб'єкта може бути інакшим, і від нього група буде очікувати інших дій. Множина  $W$  є результат вибору, який проводиться інтегральним образом себе, тобто результат мислячого вибору суб'єкта. Отже,  $W$  складається із дій, які привабливі для суб'єкта. Дії, які входять у  $\overline{W}$ , назовемо не привабливими для суб'єкта.

Проведемо тепер пояснення вибору функції (4.13) в якості функції рефлексії. За допомогою цієї функції у модель закладається принцип заборони егоїзму: кожний суб'єкт, переслідуючи свої особисті інтереси, не може наносити збиток групі, членом якої він являється.

У рамках нашого розгляду цей принцип може бути сформульований так. Вибір альтернативи із діями, які привабливі для суб'єктів і непривабливі для групи - неприйнятний.



Розглянемо діаграму Венна

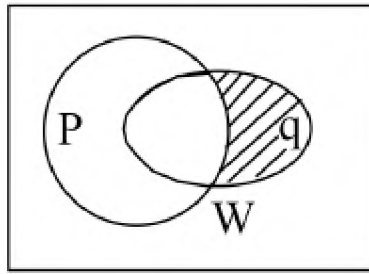


Рисунок 4.15 – Заштрихована множина – множина заборонених дій

Множина заборонених дій така:

$$q = \overline{P}W \quad (4.14)$$

де  $\overline{P}$  - множина дій, які непривабливі для групи, а  $W$  - множина дій, які привабливі для суб'єкта.

Множині дозволених дій відповідає вираз

$$\overline{q} = P + \overline{W} \quad (4.15)$$

Суб'єкт вибирає множину всіх дозволених дій. В результаті отримали функцію (4.13).

Вибір самого суб'єкту і вибір кожного не елементарного суб'єкту, який входить в ієрархію його образів себе, оснований на принципі заборони егоїзму.

Можемо помітити, що дії, які непривабливі для групи, можуть увійти у вибір суб'єкта, якщо вони і для нього непривабливі, тобто якщо вони належать множині

$$\overline{P}\overline{W} = \overline{P}(P + \overline{W}) \quad (4.16)$$

Таким чином, суб'єкт може іти проти інтересів групи, якщо при цьому він не переслідує свої індивідуальні інтереси і готовий іти на жертви.

Ми припустили, що в ментальній сфері суб'єкта відбувається послідовна декомпозиція графа на мінімальні страти, а також інтеграція впливів зі сторони окремих груп в єдиний вплив зі сторони групи, яка їх об'єднує, яке представлене значенням відповідного поліному. Нехай з точки зору суб'єкта,



множина  $A$  є вплив, який чинить одна група, а множина  $B$  - інша. Якщо ці групи знаходяться у відношенні союзу, то з точки зору суб'єкта, вони здатні до консенсусу, і тому їх сумісний вплив схиляє його до вибору дій, спільних для двох груп. Таким чином, вплив зі сторони груп, які знаходяться в союзі відповідає перетин множин  $A$  і  $B$ :  $AB$

Якщо групи знаходяться у відношенні конфлікту, то консенсусу немає. Кожна група впливає на суб'єкта незалежно. Таким чином, сумісному впливу груп, які знаходяться в конфлікті відповідає об'єднання множин  $A$  і  $B$ :  $A+B$

Представлення групи:

1. Розглядається група, яка складається із суб'єктів  $a_1, a_2, \dots, a_n$ , де  $n \geq 1$ .
2. На будь-якій не елементарній групі задаються бінарні відношення  $*$  і  $+$ , одним із яких може бути пустим. В результаті отримуємо граф відношень  $G$ . У рамках вихідної моделі групи передбачається, що граф  $G$  декомпонований.
3. Задається набір дій  $\{a_1, a_2, \dots, a_s\}$ ,  $S \geq 1$ , загальний для всіх суб'єктів. Він розглядається як універсальна множина 1. Множина всіх підмножин універсальної множини інтерпретується як множина альтернатив і позначається  $M$ .
4. Кожного суб'єкта на множині  $M$  задаються унарні відношення реалізуємості.
5. Далі будується матриця впливів  $|p_{ij}|$ ,  $i = 1, \dots, n$ ;  $j = 1, \dots, n$ ; де  $p_{ij} \in M$ ;  $p_{ij}$  є альтернативою, до вибору якої  $a_i$  схиляє суб'єкта  $a_j$ . Елемент виду  $p_{kk}$  є самовплив (інтенція) суб'єкту  $a_k$ .
6. Використовуючи граф відношень, будується діагональна форма  $\Phi$ , яка представляє одночасно і ієрархію образів себе, і функцію, яка відповідає вибору кожного суб'єкту, який входить в групу.
7. Букви  $a_1, a_2, \dots, a_n$  розглядаються як змінні. Кожному суб'єкту відповідає одна і та ж функція

$$\Phi = \Phi(a_1, a_2, \dots, a_n) \quad (4.17)$$

8. Якщо суб'єкти не ціле направлені, значення змінних для кожного із них визначаються матрицею  $\|p_{ij}\|$ , всі елементи якої відомі. Елемент  $p_{kk}$  інтерпретується одночасно як інтенція суб'єкту і як його самоплив. Стовець матриці з номером  $j$  містить вплив на суб'єкта  $a_j$ . Таким чином суб'єкту  $a_j$  відповідає вираз

$$\Phi_j = \Phi(p_{1j}, p_{2j}, \dots, p_{nj}) \quad (4.18)$$

Величина  $\Phi_j$  є елемент  $M$ , і ми інтерпретуємо її як альтернативу, яку вибирає суб'єкт  $a_j$ . Якщо  $\Phi_j$  не порожня, то будь-яка непорожня реалізована підмножина дій, яка входить у  $\Phi_j$ , може бути реалізована суб'єктом  $a_j$ , причому тільки одна.

9. У випадку, коли суб'єкти ціле направлені, відповідає матриця впливів  $\|p_{ij}\|$ , діагональні елементи якої,  $p_{kk}$ , раніше невідомі. Цим елементам відповідають інтенції суб'єктів, які входять в групу. Вони можуть бути знайдені із наступних рівнянь відносно  $p_{kk}$ :

$$p_{kk} = \Phi(p_{1k}, p_{2k}, \dots, p_{kk}, \dots, p_{nk}) \quad (4.19)$$

Де  $k = 1, 2, \dots, n$ . величина  $p_{kk}$  інтерпретується одночасно і як інтенція суб'єкта  $a_k$ , і як його самовплив, і як його вибір.

Рівняння виду (4.19) може як мати рішення, так і не мати його. Відсутність рішення означає, що при даному графі відношень і даному наборі впливів, суб'єкт  $a_k$  не здатен здійснити інтенціональний вибір. В цьому випадку ми будемо говорити, що суб'єкт  $a_k$  знаходиться у фрустрації або у стані фрустрації. Можливо також, що будь-який елемент із  $M$  є рішенням рівняння (4.19). У цьому випадку ми будемо говорити, що суб'єкт  $a_k$  володіє свободою вибору або знаходиться в стані свободи вибору. Ми будемо говорити, що суб'єкт, який здатен вибрати лише порожню альтернативу  $\{\}$ , знаходиться у пасивному стані, а суб'єкт, який здатен вибрати не порожню альтернативу, знаходиться в активному стані. Іноді зручно казати про вибір, а іноді - про стан суб'єкту. Особливо в тих випадках коли суб'єкт здійснює вибір між альтернативами 1 і 0.

#### 4.4 Принципи заборони егоїзму і формалізм моделі

Принцип заборони егоїзму з формальної точки зору, заключається у виконанні рівності

$$\Phi = P + \overline{W} \quad (4.20)$$

Де  $\Phi$  - вибір суб'єкта.

Неціленаправлений суб'єкт  $a_k$  може бути представленим як

$$\Phi(a_1, a_2, \dots, a_k, \dots, a_n) = P + \overline{W} \quad (4.21)$$

де  $P, W$  функції

$$P = P(a_1, a_2, \dots, a_k, \dots, a_n) \quad (4.22)$$

$$W = W(a_1, a_2, \dots, a_k, \dots, a_n) \quad (4.23)$$

$P$  – множина привабливих для групи дій, які очікують від суб'єкту  $a_k$ ,  $W$  – множина дій, які привабливі для суб'єкту  $a_k$ . задаючи значення впливів на суб'єкт  $a_k$  зі сторони його самого і інших суб'єктів, ми тим самим визначаємо множини  $P$  і  $W$ .

Ціленаправлено суб'єкту множини  $P$  і  $W$  існують лише для таких наборів значень змінних  $a_1, a_2, \dots, a_k, \dots, a_n$ , для яких виконується рівність

$$a_k = \Phi(a_1, a_2, \dots, a_k, \dots, a_n) \quad (4.24)$$

В цьому випадку  $P$  і  $W$  можуть розглядатися як функції, визначені на множині таких наборів. Ми бачимо, що саме формалізм моделі генерує множини  $P$  і  $W$ . [4] Ці множини ніяк не вводяться в модель ззовні, нам не потрібно знати заздалегідь, які дії привабливі для групи, і які для суб'єкту.

При фіксованих значеннях

$$a_1, a_2, \dots, a_{k-1}, a_{k+1}, \dots, a_n \quad (4.25)$$

значення  $P$  і  $W$  можуть залежати від вибору значення  $a_k$ , яке задовольняє відношення (4.24). Таким чином переваги групи можуть залежати від вибору суб'єкта. Це можливо, оскільки мова йде не про реальну групу, а про її представлення у внутрішньому світі суб'єкта. Вибір впливає на представлення.

У цього впливу є сенс. Суб'єкт прогнозує, які дії будуть привабливі для групи після його вибору. Його особисті переваги можуть залежати від його особистого вибору.

Щоб продемонструвати реалізацію принципу заборони егоїзму в формалізмі моделі, розглянемо ціленаправленого суб'єкта  $a_1$  з діагональною формою (4.26), який відповідає рівняння (4.27).

$$X = \begin{bmatrix} [a_1] + [a_2] \\ [a_3] [a_1 + a_2] \\ [a_3] (a_1 + a_2) \end{bmatrix} \quad (4.26)$$

$$a_1 = a_1 + (a_2 + \bar{a}_3)\bar{a}_1 \quad (4.27)$$

Його рішення лежать у інтервалі

$$1 \supseteq a_1 \supseteq (a_2 + \bar{a}_3)$$

При будь яких значеннях  $a_1, a_2, a_3$ , які задовольняють нерівності (4.27), множина дій, яка приваблива для групи  $P$ , і множина дії, яка приваблива для суб'єкта  $W$  є

$$P = [a_3] (a_1 + a_2), \quad W = \begin{bmatrix} [a_1] + [a_2] \\ [a_3] [a_1 + a_2] \\ [a_3] (a_1 + a_2) \end{bmatrix} = a_3 \quad (4.28)$$

Нехай універсальна множина суб'єкта  $a_1$  є

$$1 = \{\alpha, \beta, \gamma, \delta\} \quad (4.29)$$

І нехай

$$a_2 = \{\alpha, \beta\} \quad a_3 = \{\alpha, \beta, \gamma\} \quad (4.30)$$

Припустимо, що суб'єкт  $a_1$  вибрав альтернативу

$$\{\alpha, \beta, \delta\} = a_2 + \bar{a}_3 \quad (4.31)$$

Яка належить інтервалу

$$1 \supseteq a_1 \supseteq (a_2 + \bar{a}_3) \quad (4.32)$$

У цьому випадку

$$a_1 = \{\alpha, \beta, \delta\}, \quad P = \{\alpha, \beta\}, \quad W = \{\alpha, \beta, \gamma\} \quad (4.33)$$

Множина дій, які заборонені для суб'єкта:

$$\overline{P}W = \{\gamma\} \quad (4.33)$$

Множина дій, які непривабливі для суб'єкта:

$$\overline{W} = \{\delta\} \quad (4.34)$$

Множина дій, які непривабливі одночасно для суб'єкта і для групи:

$$\overline{P}\overline{W} = \{\delta\} \quad (4.35)$$

Множина дій, які привабливі одночасно і для суб'єкта і для групи:

$$PW = \{\alpha, \beta\} \quad (4.36)$$

Ми бачимо, що вибрана суб'єктом множина  $\{\alpha, \beta, \delta\}$  складається із двох дій  $\alpha$  і  $\beta$ , які привабливі як для неї, так і для групи, і дії  $\delta$ , яка неприваблива для неї і групи. Цей вибір знаходиться в згоді з принципом заборони егоїзму, оскільки дія, яка увійшла у вибір неприваблива для групи і не являється привабливою для суб'єкта.

#### Висновки до розділу 4

Розглянуто та детально розібрано модель рефлексивного агента у групі, запропоновану Лефевром. Засвоєно методи побудови моделі.

Детально розібрано, як побудувати граф відношень для групи рефлексивних агентів. Розглянуто основні випадки і приклади. Також детально показано як визначити чи граф є декомпонованим чи ні. Показано, як правильно представляти групу.

І розглянуто принцип заборони егоїзму, що полягає в наступному: кожний суб'єкт, переслідуючи свої особисті інтереси, не може наносити збиток групі, членом якої він являється. Іншими словами, вибір альтернативи із діями, які привабливі для суб'єктів і непривабливі для групи - неприйнятний.

## 5 МІЖНАРОДНІ ВІДНОСИНИ

Коли відбувається моделювання міжнародних відносин суб'єктами виступають країни і об'єднання країни. Надалі будемо вважати що кожний суб'єкт в ситуації певної міжнародної кризи стоїть перед вибором деякої альтернативи, яку лінію поведінки вибрати - активну (1) або пасивну (0). Тобто, або впливати на хід ситуації, або залишатися в стороні. Надалі на прикладі міжнародних відносин країн на Близькому Сході буде проведено аналіз. Будемо користуватися поняттями союз, конфлікт, вплив. На даний момент щоб провести такий аналіз, потрібно мати експертні оцінки. Надалі у своєму прикладі експертом у всіх оцінках ситуації буде виступати автор дослідження. Оперуючи певними знаннями про реальні суб'єкти і їх взаємодії можна надати певні оцінки. Використання різних вихідних даних являються достатньо ефективним аналітичним інструментом.

### 5.1 Сирійський конфлікт. Згідно моделі Лефевра

Один з найбільш кривавих конфліктів останнього часу. Війна в Сирії триває більше семи років! За цей час загинуло майже півмільйона сирійців, понад 12 мільйонів людей - більше половини населення країни залишили свої будинки. П'ять мільйонів сирійців вирушили в інші країни.

Звучить дико, але в той же час кінець війни ще не видно. Декілька інших країн також втручались у конфлікт.

На 8-му році війни в Сирії напевно ніхто вже не пам'ятає, як вона почалась. Зіткнення з демонстрантами в 2011 році давно забуті, і на території країни йде повномасштабний військовий конфлікт з безліччю учасників. Навіть досвідчені експерти не можуть легко перелічити їх усіх.

Кількість жертв в результаті війни в Сирії вимірюється вже сотнями тисяч. З 2011 року конфлікт забрав життя 354 тисяч людей, більше ста тисяч з них - цивільні.

Мільйони людей змушені були покинути свої будинки. Це викликало масштабну міграційну кризу в 2015 році - сотні тисяч сирійців почали бігти в Європу.

Конфлікт в Сирії починався як громадянська війна - незадоволені політикою Башара Асада сирійці підняли проти нього збройне повстання. Але з часом до війни приєднувалися все нові і нові учасники з-за меж Сирії, які підтримували ту чи іншу сторону.

У 2014 році на території Сирії та сусіднього Іраку з'явилася потужна і жорстока сила у вигляді терористичного угруповання "ІГІЛ". Вона оголосила війну всім і захопила великі території. Для боротьби проти радикальних ісламістів свої військові сили в Сирію направили коаліція на чолі з США, а також Росія.

До війни також активно підключилася Туреччина, яка ввела свої війська в район Афрін, щоб вибити звідти курдські формування. Своїх військових до Сирії направили Іран і ліванське угруповання "Хезболла" - вони підтримують Асада. Тому сирійський конфлікт став дуже заплутаним і вийшов далеко за межі внутрішньої громадянської війни.

Занадто багато жертв, багато учасників і занадто багато інтересів. Зараз питання вже не в тому, коли закінчиться сирійська війна, а в тому, чим вона закінчиться?

І відповіді на це питання, чим закінчиться війна в Сирії, немає ні у кого. Власне, ця невизначеність і постійні провали мирних ініціатив призводять до того, що про Сирію багато вже просто втомилися говорити.

На жаль, війна в цій країні перетворилася вже в своєрідне нормальний стан для неї. І зауважте - до сирійської темі в світових ЗМІ звертаються в основному тоді, коли бойові дії стають особливо жорстокими. Хімічні атаки - один із прикладів такої жорстокості. За сім років війни хімічну зброю застосовували неодноразово.

Ще при Обамі американський флот висувався до узбережжя Сирії, щоб нанести удар у відповідь на одну з таких атак. Тоді, щоб запобігти удар США -

за посередництва Росії західні країни і уряд Башара Асада вийшли на угоду про ліквідацію запасів хімічної зброї. Цю домовленість зазначив навіть Нобелівський комітет - в 2013 році Нобелівська премія миру дісталася міжнародної організації по забороні хімічної зброї, як раз за участь в сирійській хімічній угоді.

Втім, вже через кілька років з'ясувалося, що виконувати домовленість повністю - сирійці не збираються. І рівно рік тому, в квітні 2017, американцям вже довелося наносити удар по силам Башара Асада у відповідь на одну з найбільших за весь час війни хімічних атак, в результаті якої більше сотні людей загинули, півтисячі були поранені.

"За наказом сирійського диктатора Башара аль-Асада було здійснено жахливий напад на невинних цивільних осіб із застосуванням хімічної зброї. Використовуючи смертоносне отруйну речовину нервово-паралітичної дії, Асад позбавив життя беззахисних чоловіків, жінок і дітей. Для багатьох це була повільна і болісна смерть. навіть прекрасні немовлята були жорстоко вбиті в ході цього надзвичайно варварського нападу. Жодне дитя Боже ніколи не повинно піддаватися таким жахливим стражданням. Сьогодні я наказав завдати цілеспрямовано їй військовий удар по аеродрому в Сирії, з якого була здійснена хімічна атака ", - заявив Дональд Трамп.

Громадянська війна в Сирії - багатосторонній, багаторівневий збройний конфлікт на території Сирії, що почався навесні 2011 року як локальне громадянське протистояння і поступово переріс в повстання проти режиму Башара Асада, в яке з плином часу виявилися залучені не тільки основні держави регіону, а й міжнародні організації, військово-політичні угруповання і світові держави.

Основними учасниками конфлікту є регулярні збройні і воєнізовані формування, які виступають на стороні президента Башара Асада (Сирійська арабська армія, Національні сили оборони та ін.), Формування «помірної» сирійської опозиції (Вільна сирійська армія, арабські сунітські племінні формування), курдські регіоналісти (Загони народної самооборони), а також



різного роду ісламістські і джихадистська терористичні угруповання. Сторони конфлікту отримують військову допомогу від інших країн: підтримку урядовим силам надають Росія і Іран, тоді як сирійська опозиція отримує допомогу від західних держав і монархій Перської затоки. На боці уряду також виступають іноземні шийтські воєнізовані формування. Зважаючи на значне залучення в сирійський конфлікт іноземних держав і організацій ряд експертів характеризують його як опосередковану війну між регіональними державами [13,14].

Проаналізуємо міжнародні відносини які склалися між країнами на Близькому Сході на момент червня 2018 року. Будемо розглядати такі сторони учасники конфлікту у Сирії і надалі позначатимемо їх такими буквами:

*a* – Росія

*b* – Сирійський уряд

*c* – Іран

*d* – Турція

*e* – Вільна сирійська армія

*f* – США

*g* – Джабгат Фатах аш- Шам

*h* – Хізбала

*i* – Демократичні сили Сирії

*j* – Ізраїль

*k* – Курдистан

*l* – Саудівська Аравія і союзники

Спочатку слід побудувати граф відношень між сторонами у сирійському конфлікті. Пунктирна стрілка означає, що сторони знаходиться у стані конфлікту, стрілка без пунктиру означає, що сторони знаходяться у стані союзу. Можна дізнатися з достовірних джерел про те, що на території Сирії є три угруповання - це демократичні сили Сирії, уряд Сирії і вільна сирійська армія. Вони між собою знаходяться у стані конфлікту. Також можемо побачити, що Турція підтримує США і Росію, а США в свою чергу підтримує вільну

сирійську армію і Саудівську Аравію і т. д. всі всі зв'язки між сторонами конфлікту можемо побачити на графі. За весь час конфлікту у Сирії дані зв'язки перетворились у своєрідну головоломку.

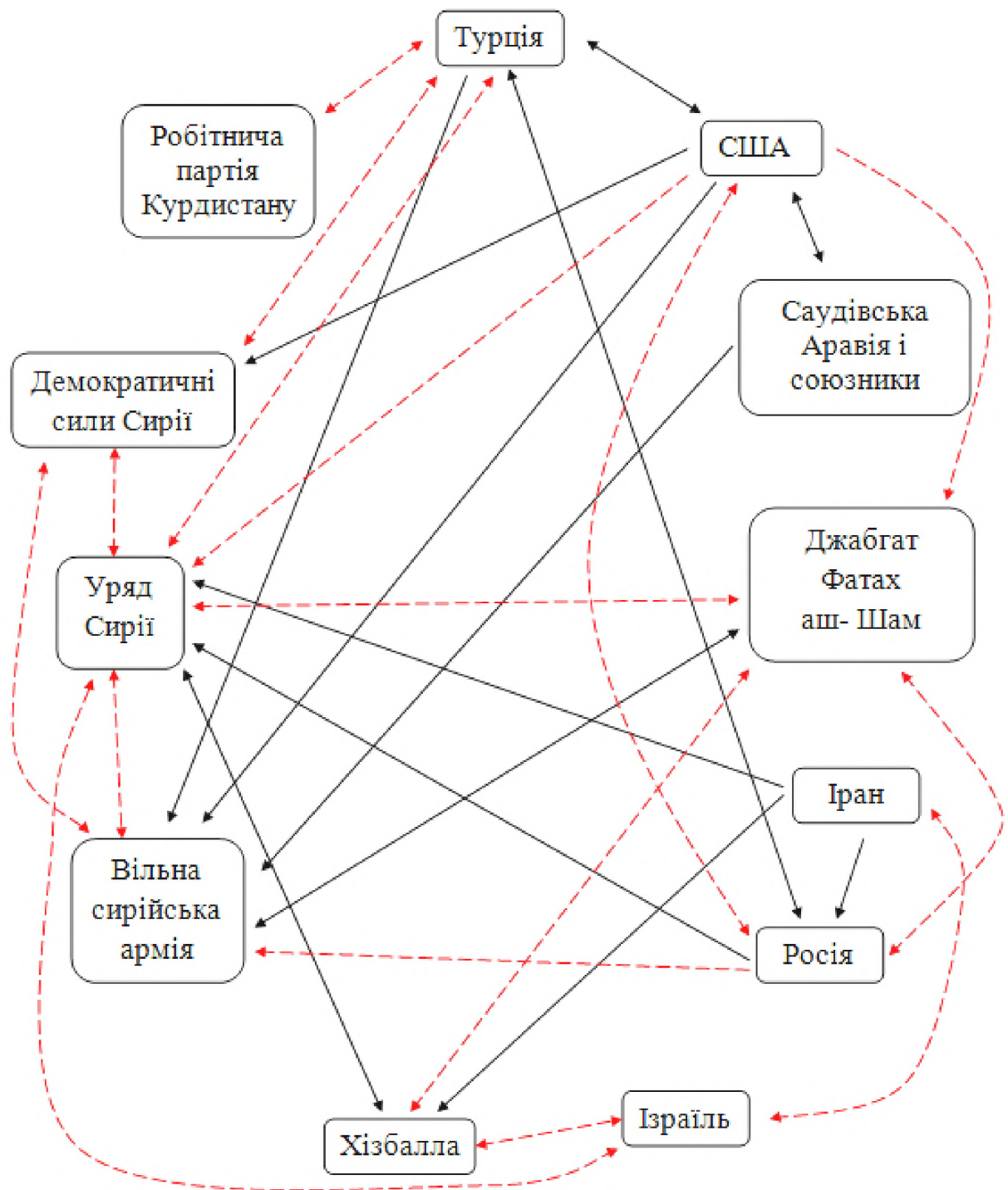


Рисунок 5.1 – Граф відношень між сторонами на Близькому Сході

Як бачимо даний граф не є декомпонований, оскільки в ньому є присутній підграф  $S_4$ .

Щоб далі нам дізнатися про те, як сторони конфлікту будуть себе вести у найближчому майбутньому, слід побудувати матрицю впливів. Тобто матрицю, де буде вказано яка сторона і до чого схиляє іншу сторону. Одна сторона може схилити іншу або до активності, або до пасивності. Тобто, або активно захищати чи нападати, або залишатися осторонь.

Таблиця 5.1 – Матриця впливів

	a	b	c	d	e	f	g	h	i
a	a	1	0	1	0	1	1	*	*
b	1	b	1	0	1	1	1	1	1
c	1	0	c	*	*	*	*	1	*
d	1	*	*	d	1	1	*	*	1
e	0	1	*	1	e	1	1	*	1
f	1	1	*	0	1	f	0	*	1
g	0	0	*	*	1	0	g	0	*
h	*	1	1	*	*	*	1	h	*
i	*	1	*	0	1	1	*	*	i
j	*	0	0	*	*	*	*	1	*
k	*	*	*	0	*	*	*	*	*

З даної матриці впливів ми бачимо, що (для стовпця Росії) уряд Сирії схиляє Росію до активних дій,  $b=1$ . Тобто сирійський уряд підштовхує Росію до захисту з Сирії. Іран також схиляє Росію до активних дій і т. д. якщо у квадратику стоїть зірочка, це означає, що країни тим чи іншим чином не впливають одна на одну, тобто не мають зв'язків між собою у попередньому графі.

Тепер розглянемо вибір конкретний для кожної сторони даного конфлікту.

### 5.2 Вибір Росії

Для Росії граф буде виглядати наступним чином:

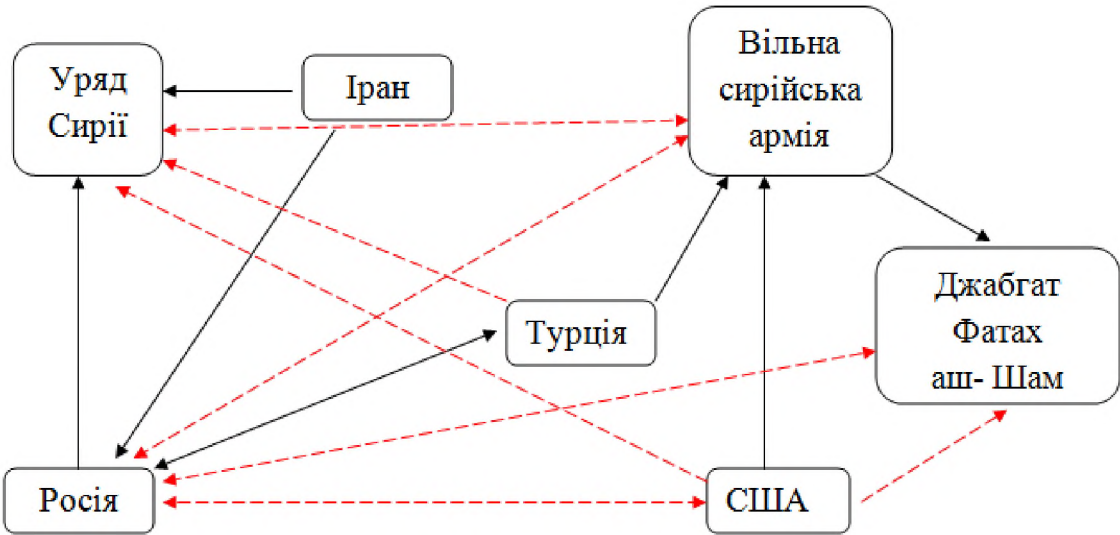


Рисунок 5.2 – Граф відношень для Росії

Граф відношень для Росії недекомпонований, так як містить підграф типу  $S_4$ , який зображено на малюнку.

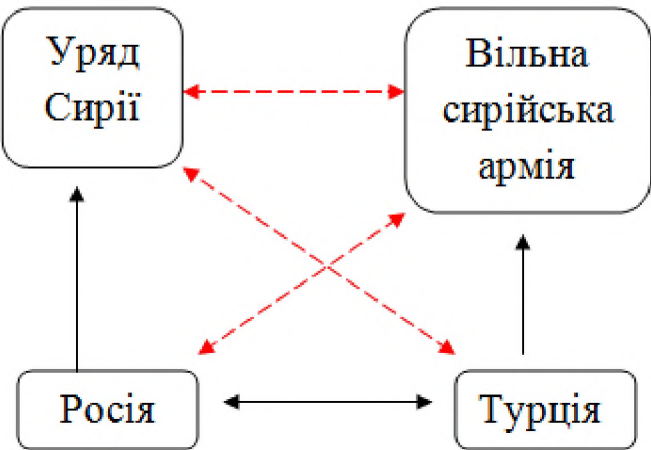


Рисунок 5.3 – Граф типу  $S_4$

Порядок важливості країн для Росії: уряд Сирії, США, вільна Сирійська армія, Іран, Турція, Джабгат Фатах аш- Шам.

Для того щоб граф став декомпонований, маємо виключити із нього декілька сторін по мірі їх неперіоритетності. Помітимо, що якщо не враховувати Турцію і Джабгат Фатах аш- Шам, то граф відразу стає декомпонований.

Він виглядатиме наступним чином :

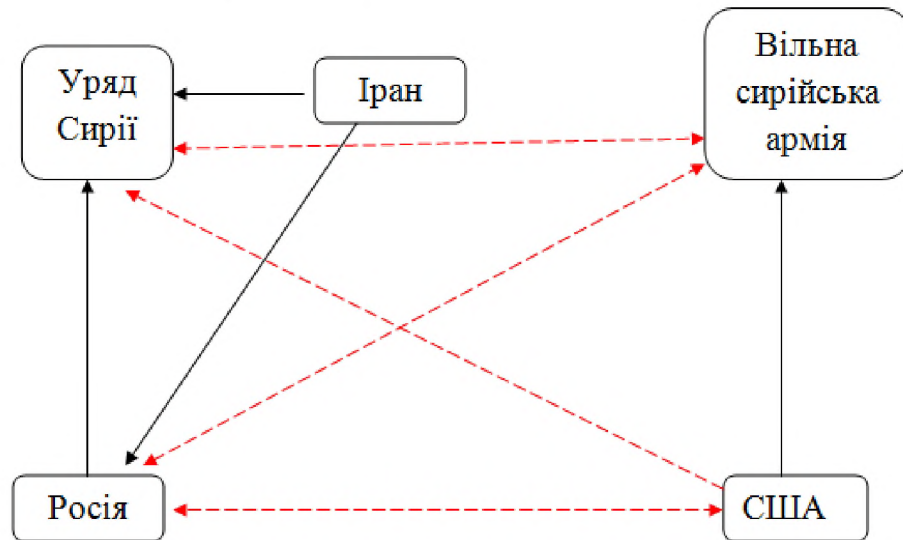


Рисунок 5.4 – Декомпонований граф для Росії

Цьому графу відповідає поліном

$$abc + ef \quad (5.1)$$

Діагональна форма

$$\begin{array}{cc} [a][b][c] & [e][f] \\ [abc] & + [ef] \\ [abc + ef] & \end{array} \quad (5.2)$$

І рівняння для  $a$ :

$$a = abc + ef \quad (5.3)$$

Беручи значення із матриці впливів, і підставляючи його у рівняння, можемо розрахувати що рівняння прийме вид:

$$a = a \quad (5.4)$$

Таким чином, можемо сказати, що Росія в цей період володіє свободою вибору.

### 5.3 Вибір уряду Сирії

Для уряду Сирії граф буде виглядати наступним чином:

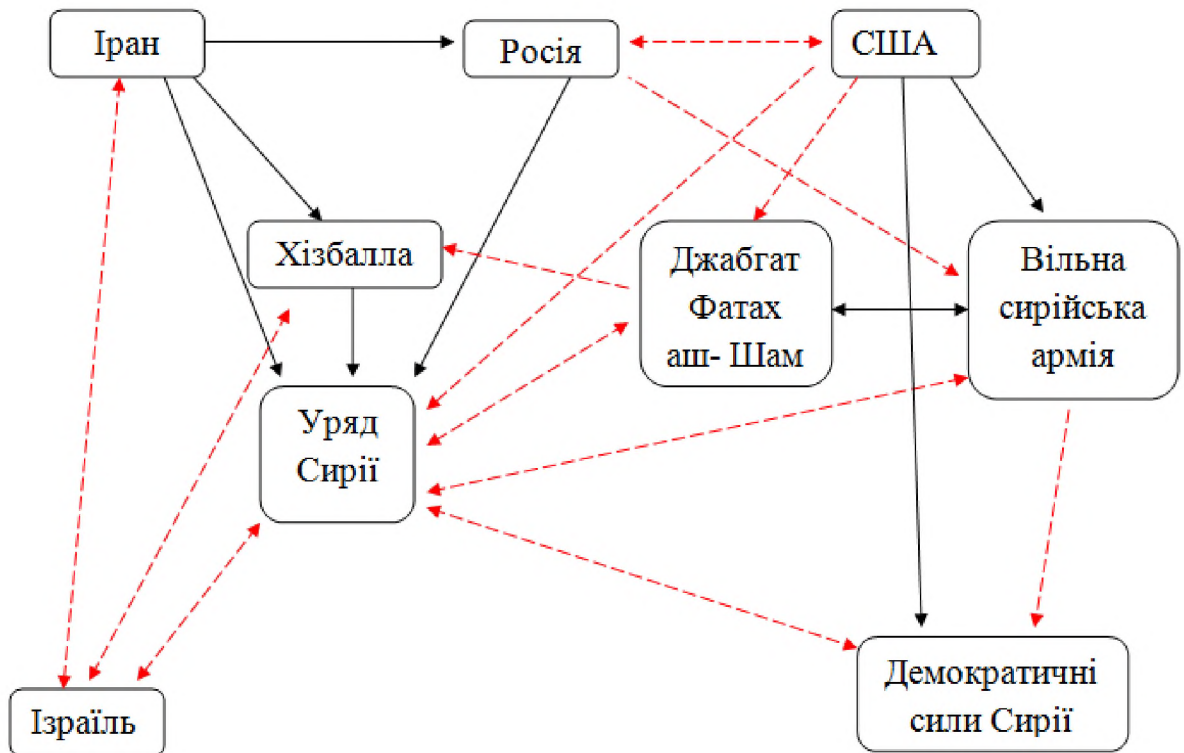


Рисунок 5.5 – Граф відношень для уряду Сирії

Граф відношень для уряду Сирії недекомпонований, так як містить підграф типу  $S_4$ , який зображено на малюнку.

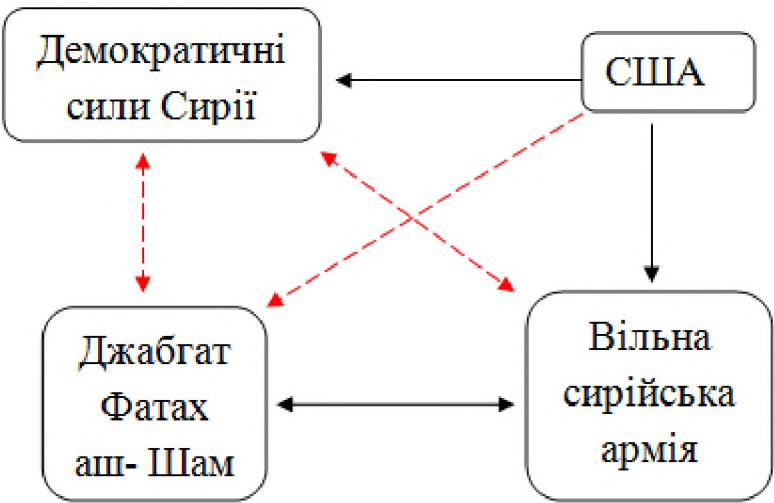


Рисунок 5.6 – Граф типу  $S_4$



Порядок важливості сторін для уряду Сирії: Росія, демократичні сили Сирії, вільна Сирійська армія, США, Іран, Хізбалла, Джабгат Фатах аш- Шам, Ізраїль.

Для того щоб граф став декомпонований, маємо виключити із нього декілька сторін по мірі їх неперіоритетності. Помітимо, що якщо не враховувати Джабгат Фатах аш- Шам і Ізраїль, то граф відразу стає декомпонований.

Він виглядатиме наступним чином :

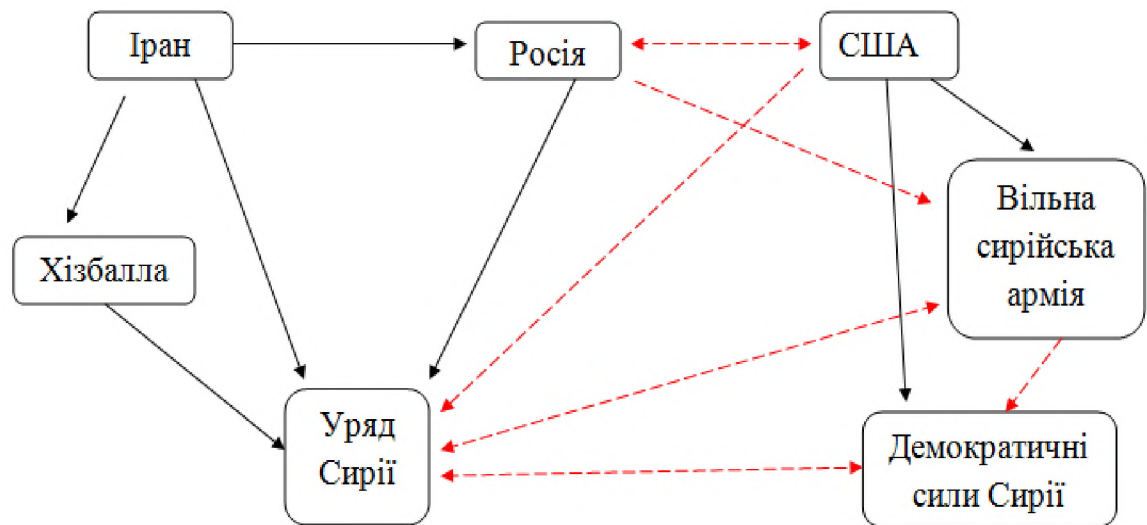


Рисунок 5.7 – Декомпонований граф для уряду Сирії

Цьому графу відповідає поліном

$$cb(a + h) + f(e + i) \quad (5.5)$$

Діагональна форма

$$\begin{array}{ccc}
 [a] + [h] & & [e] + [i] \\
 [c][b][a + h] & & [f][e + i] \\
 [cb(a + h)] & + & [f(e + i)] \\
 [cb(a + h) + f(e + i)] & & 
 \end{array} \quad (5.6)$$

І рівняння для  $b$  отримаємо після спрощення

$$\begin{aligned}
 cb(a + h) + \overline{cb(a + h)} * (a + h) &= \\
 = (cb(a + h) + (\bar{c} + \bar{b} + \bar{a} * \bar{h})(a + h)) &= \\
 = (a + h)(cb + \bar{c} + \bar{b} + \bar{a} * \bar{h}) &
 \end{aligned} \quad (5.7)$$

$$\begin{aligned}
& f(e+i) + \overline{f(e+i) + \bar{e} * \bar{i}} = \\
& f(e+i) + \overline{f(e+i)} * (e+i) = \\
& = f(e+i) + \bar{f} * e + \bar{f} * i \quad (5.8) \\
& cb(a+h) + f(e+i) + \\
& \overline{+(a+h)(cb + \bar{c} + \bar{b} + \bar{a} * \bar{h}) + f(e+i) + \bar{f} * e + \bar{f} * i} = \\
& = cb(a+h) + f(e+i) + \\
& + \left( \bar{a} * \bar{h} + \overline{(cb + \bar{c} + \bar{b} + \bar{a} * \bar{h})} \right) * (\bar{f} + \bar{e} * \bar{i}) * (f + \bar{e}) * (f + \bar{i}) = \\
& = cb(a+h) + f(e+i) + \bar{a} * \bar{h} * \bar{e} * \bar{i} \quad (5.9) \\
& b = cb(a+h) + f(e+i) + \bar{a} * \bar{h} * \bar{e} * \bar{i} \quad (5.10)
\end{aligned}$$

Беручи значення із матриці впливів, і підставляючи його у рівняння, можемо розрахувати, що рівняння прийме вид:

$$b = 1 \quad (5.11)$$

Отже уряд Сирії готовий до активних дій.

#### 5.4 Вибір Ірану

Для Ірану граф буде виглядати наступним чином:

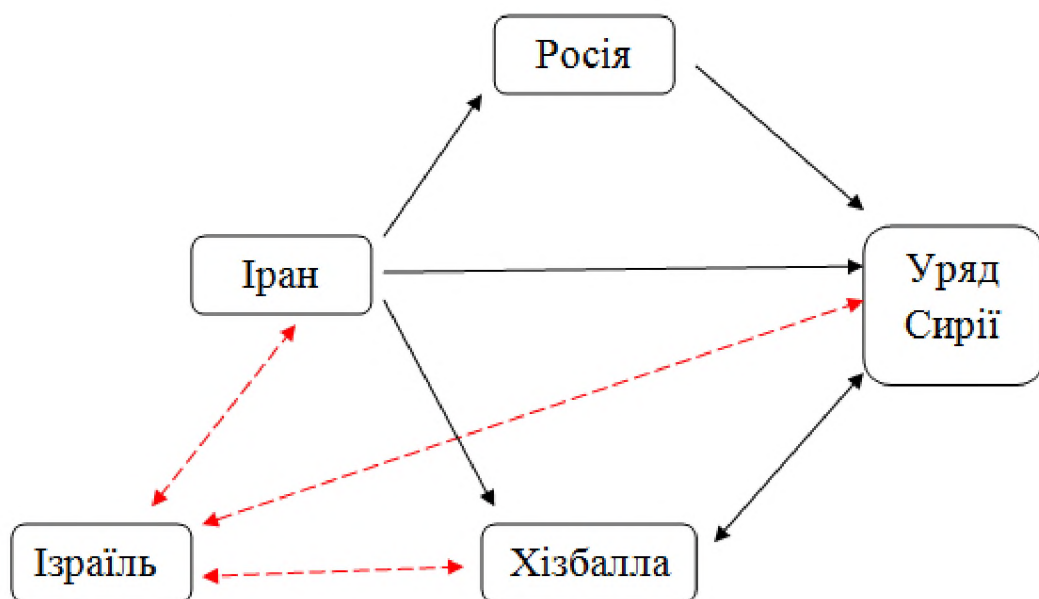


Рисунок 5.8 – Граф відношень для Ірану



Граф відношень для Ірану декомпонований, так як не містить підграф типу  $S_4$ .

Цьому графу відповідає поліном

$$cb(a + h) + j \quad (5.12)$$

Діагональна форма

$$\begin{array}{ccc} & & [a] + [h] \\ & [c][b][a + h] & \\ [cb(a + h)] & + & [j] \\ [cb(a + h) + j] & & \end{array} \quad (5.13)$$

І рівняння для  $c$  отримаємо після спрощення

$$\begin{aligned} & cb(a + h) + j + (a + h) * (c * b + \bar{c} + \bar{b} + \bar{a} * \bar{h}) * \bar{j} = \\ & = cb(a + h) + j + (\bar{a} * \bar{h} + (\bar{c} + \bar{b}) * c * b * (a + h)) * \bar{j} = \\ & = cb * (a + h) + j + \bar{a} * \bar{h} * \bar{j} \end{aligned} \quad (5.14)$$

$$c = cb * (a + h) + j + \bar{a} * \bar{h} * \bar{j} \quad (5.15)$$

Беручи значення із матриці впливів, і підставляючи його у рівняння, можемо розрахувати, що рівняння прийме вид:

$$c = 0 \quad (5.16)$$

Отже Іран знаходиться у пасивному стані.

## 5.5 Вибір Турції

Для Турції граф відношень буде виглядати наступним чином:

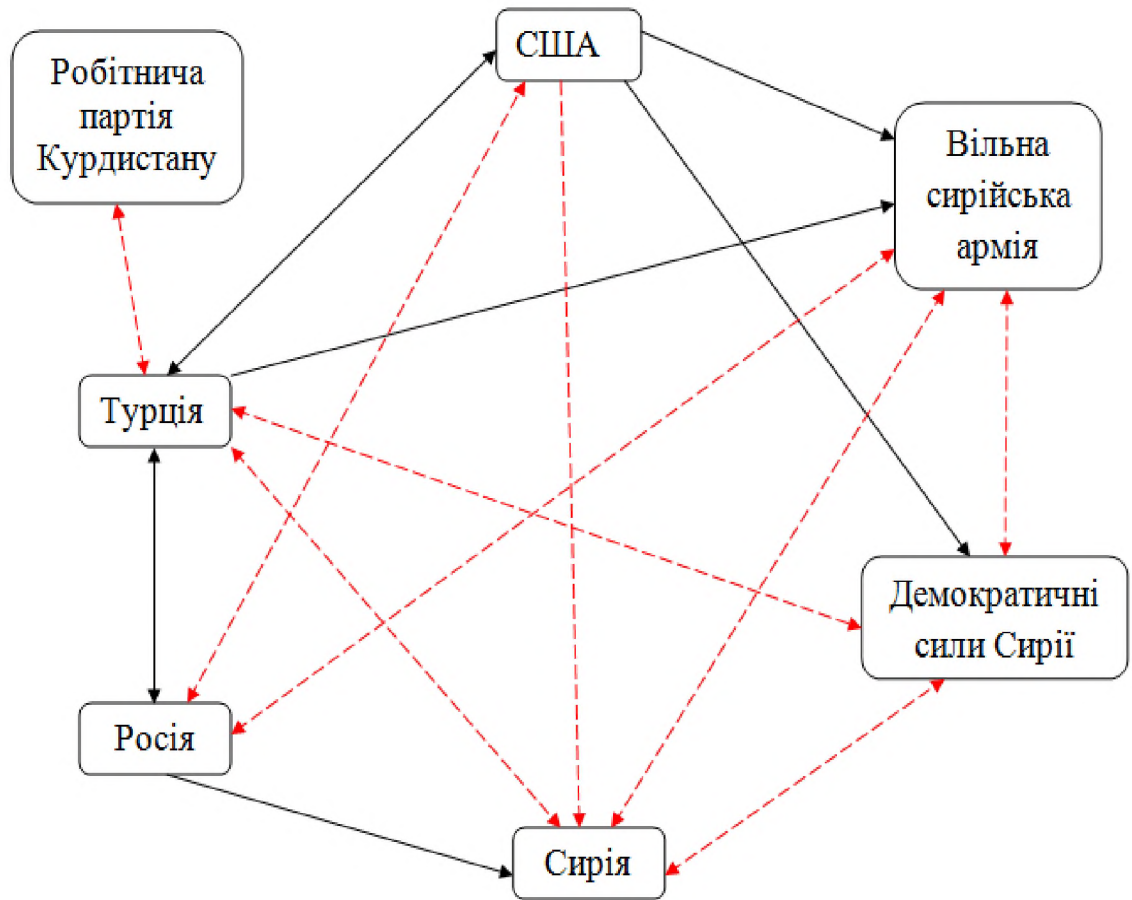


Рисунок 5.9 – Граф відношень для Турції

Граф відношень для Турції недекомпонований, так як містить підграф типу  $S_4$ .

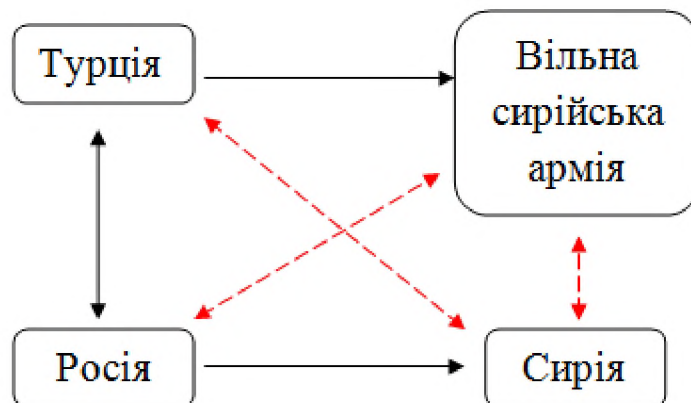


Рисунок 5.10 – Граф типу  $S_4$

Порядок важливості сторін для Турції: США, уряд Сирії, вільна Сирійська армія, демократичні сили Сирії, Росія, Курдистан.

Для того щоб граф став декомпонований, маємо виключити із нього декілька сторін по мірі їх неперіоритетності. Помітимо, що якщо не враховувати Росію і Курдистан., то граф відразу стає декомпонований.

Він виглядатиме наступним чином:

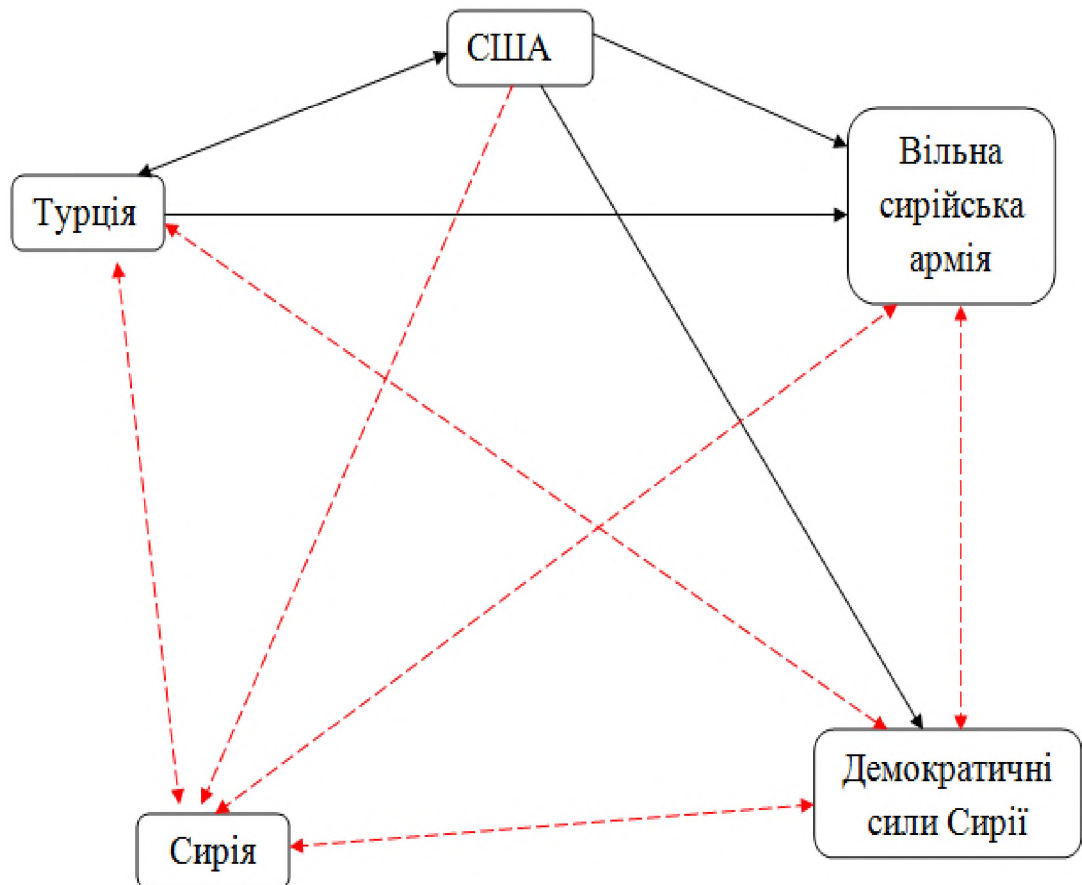


Рисунок 5.11 – Декомпонований граф для Турції

Цьому графу відповідає поліном

$$f(de + i) + b \quad (5.17)$$

Діагональна форма

$$\begin{array}{c} [d][e] \\ [de] + [i] \\ [f][de + i] \\ [f(de + i)] + [b] \\ [f(de + i) + b] \end{array} \quad (5.18)$$

І рівняння для  $d$  отримаємо після спрощення

$$f(de + i) + b = 1$$

(5.19)

Рівняння прийме вид:

$$d = 0$$

(5.20)

Отже Турція знаходиться у пасивному стані.

5.6 Вибір вільної Сирійської армії

Для вільної сирійської армії граф буде виглядати наступним чином:

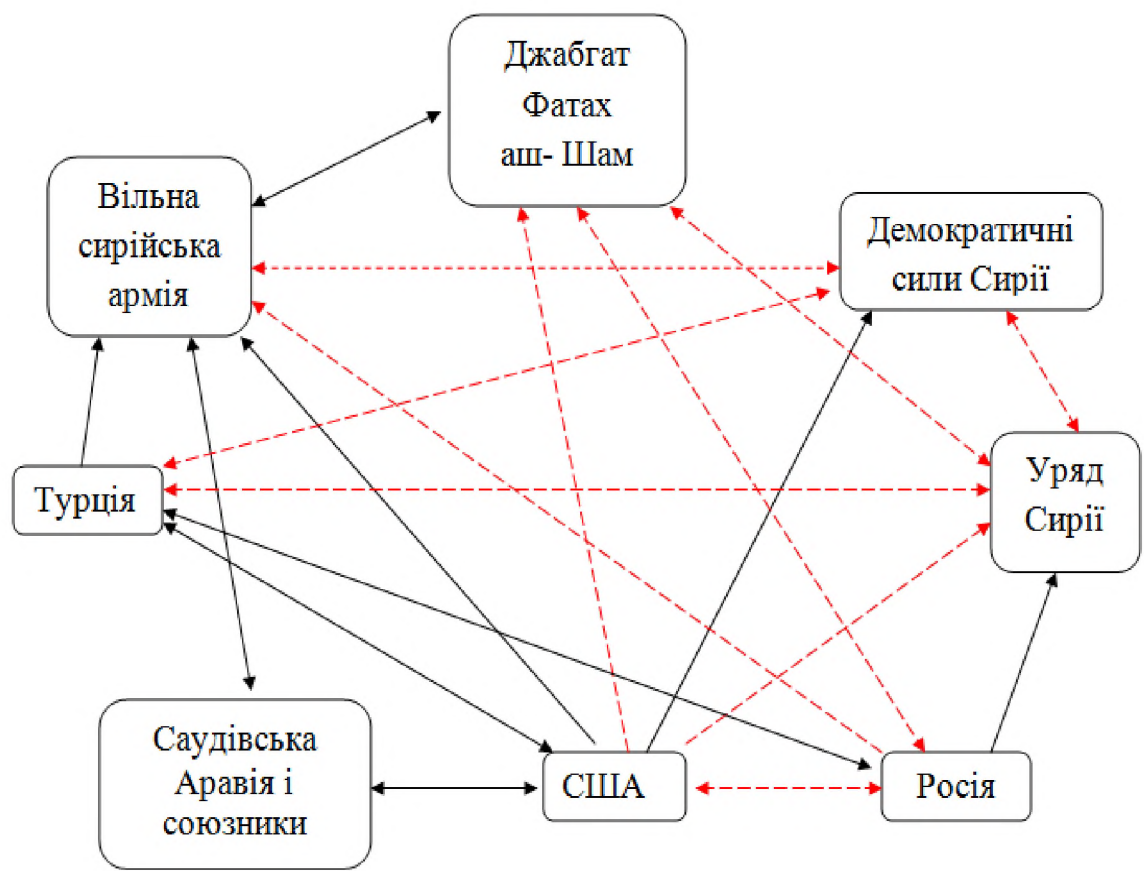


Рисунок 5.12 – Граф відношень для вільної Сирійської армії

Граф відношень для вільної сирійської армії недекомпонований, так як містить підграф типу S<sub>4</sub>.

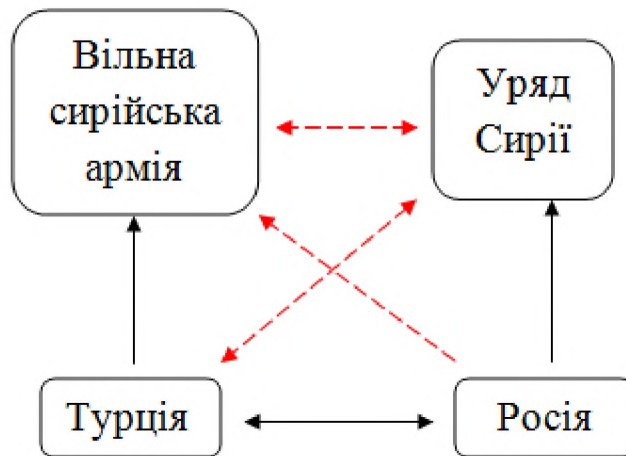


Рисунок 5.13 – Граф типу  $S_4$

Порядок важливості сторін для вільної сирійської армії: сирійський уряд, демократичні сили Сирії, США, Росія, Турція, Джабгат Фатах аш- Шам, Саудівська Аравія.

Для того, щоб граф став декомпонований, маємо виключити із нього декілька сторін по мірі їх неперіоритетності. Помітимо, що якщо не враховувати Джабгат Фатах аш- Шам і Саудівську Аравію, то граф відразу стає декомпонований.

Він виглядатиме наступним чином :

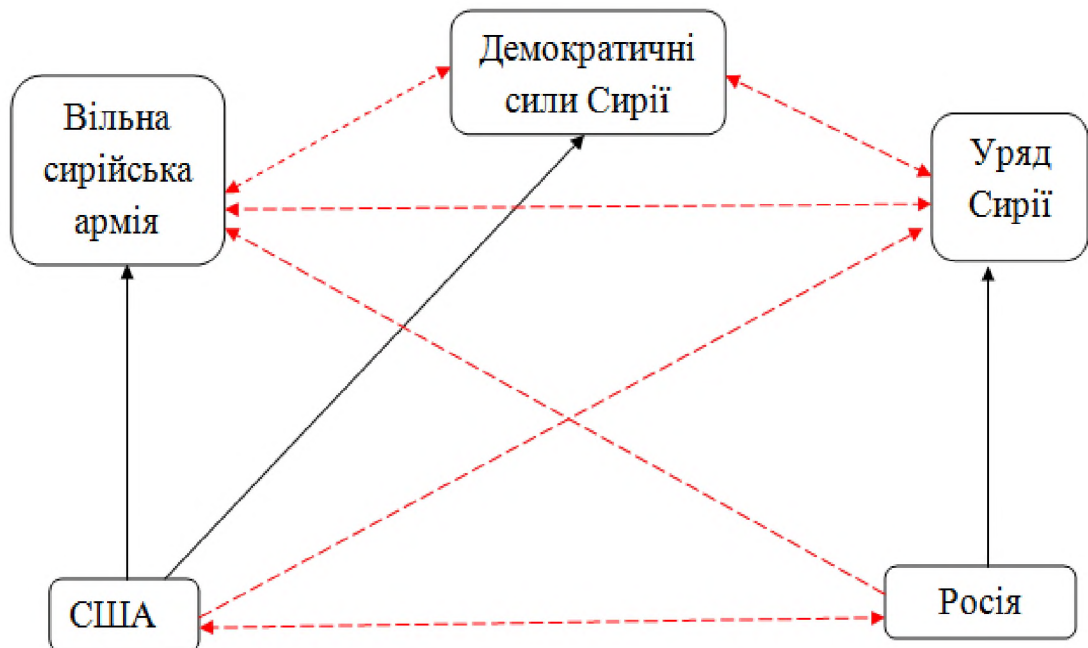


Рисунок 5.14 – Декомпонований граф для вільної сирійської армії

Цьому графу відповідає поліном

$$f(e + i) + ab \quad (5.21)$$

Діагональна форма

$$\begin{array}{c} [e] + [i] \\ [f] [e + i] \quad [a][b] \\ [f(e + i)] \quad + [ab] \\ [f(e + i) + ab] \end{array} \quad (5.22)$$

І рівняння для  $e$  отримаємо після спрощення

$$e = f(e + i) + ab + \bar{e} * \bar{i} * (\bar{a} + \bar{b}) * a * b = f(e + i) + ab \quad (5.23)$$

Беручи значення із матриці впливів, і підставляючи його у рівняння, можемо розрахувати, що рівняння прийме вид:

$$e = 1 \quad (5.24)$$

Отже вільна Сирійська армія готова до активних дій.

## 5.7 Вибір США

Для США граф буде виглядати наступним чином:

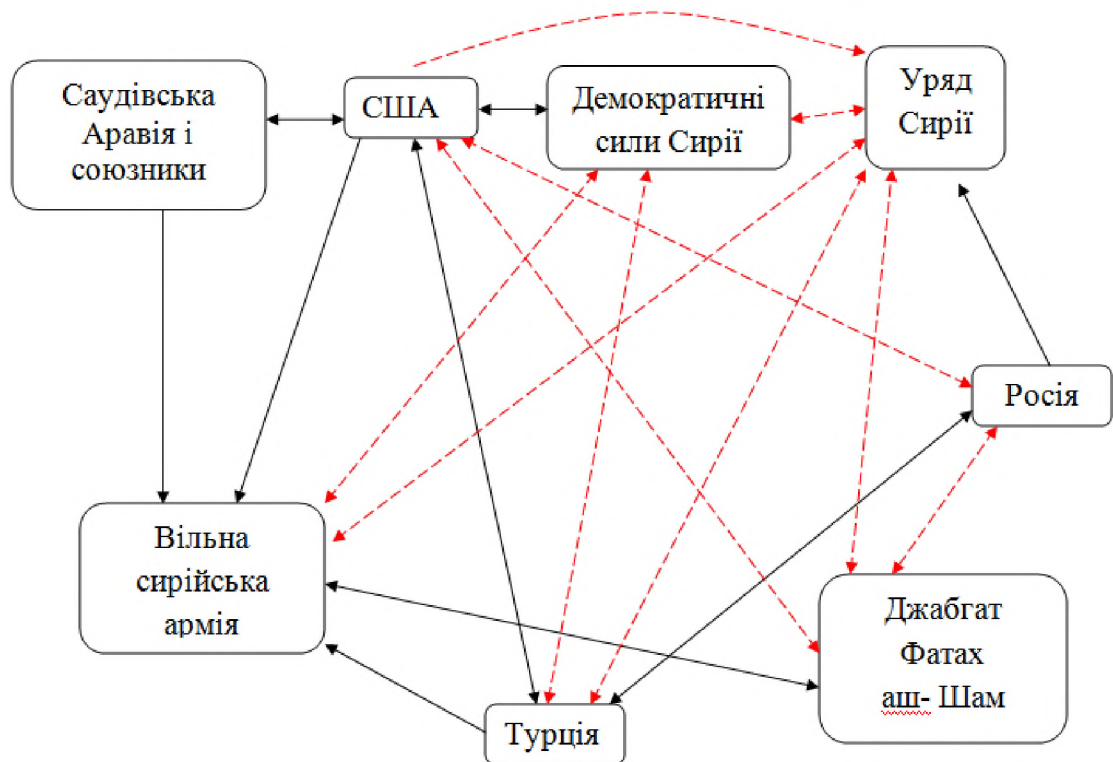


Рисунок 5.15 – Граф відношень для США



Граф відношень для США недекомпонований, так як містить підграф типу  $S_4$ , який зображено на малюнку.

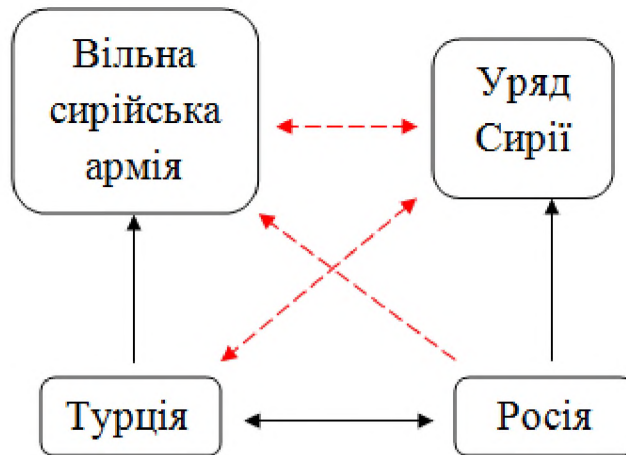


Рисунок 5.16 – Граф типу  $S_4$

Порядок важливості сторін для США: Росія, сирійський уряд, демократичні сили Сирії, вільна Сирійська армія, Турція, Джабгат Фатах аш-Шам, Саудівська Аравія.

Для того щоб граф став декомпонований, маємо виключити із нього декілька сторін по мірі їх неперіоритетності. Помітимо, що якщо не враховувати Турцію, Джабгат Фатах аш-Шам і Саудівську Аравію, то граф відразу стає декомпонований.

Він виглядатиме наступним чином :

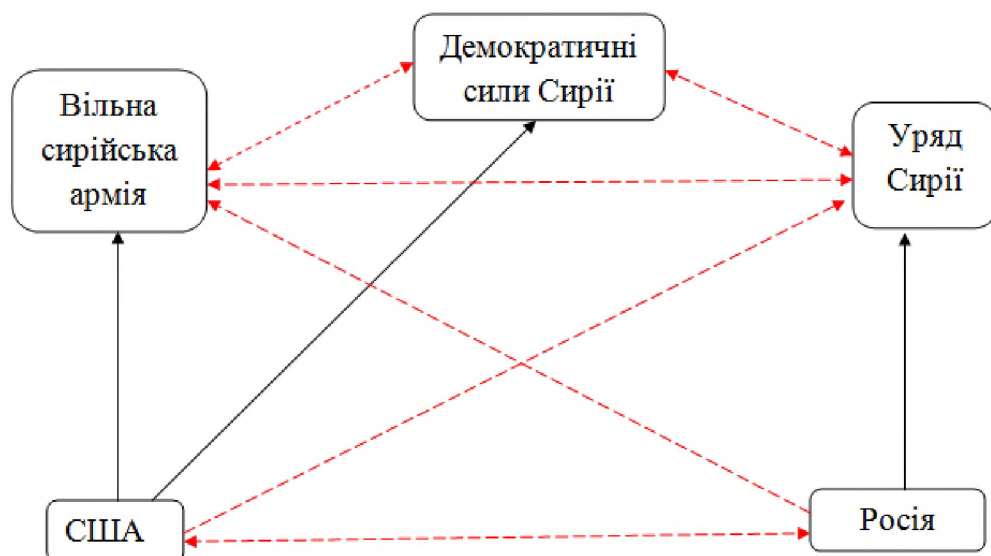


Рисунок 5.17 – Декомпонований граф для США

Цьому графу відповідає поліном

$$f(e + i) + ab \quad (5.25)$$

Діагональна форма

$$\begin{array}{c} [e] + [i] \\ [f] [e + i] \quad [a][b] \\ [f(e + i)] \quad + [ab] \\ [f(e + i) + ab] \end{array} \quad (5.26)$$

І рівняння для  $f$  отримаємо після спрощення

$$f = f(e + i) + ab + \bar{e} * \bar{i} * (\bar{a} + \bar{b}) * a * b = f(e + i) + ab \quad (5.27)$$

Беручи значення із матриці впливів, і підставляючи його у рівняння, можемо розрахувати, що рівняння прийме вид:

$$f = 1 \quad (5.28)$$

Отже США готова до активних дій.

## 5.8 Вибір Джабгат Фатах аш- Шам

Для Джабгат Фатах аш- Шам граф буде виглядати наступним чином:

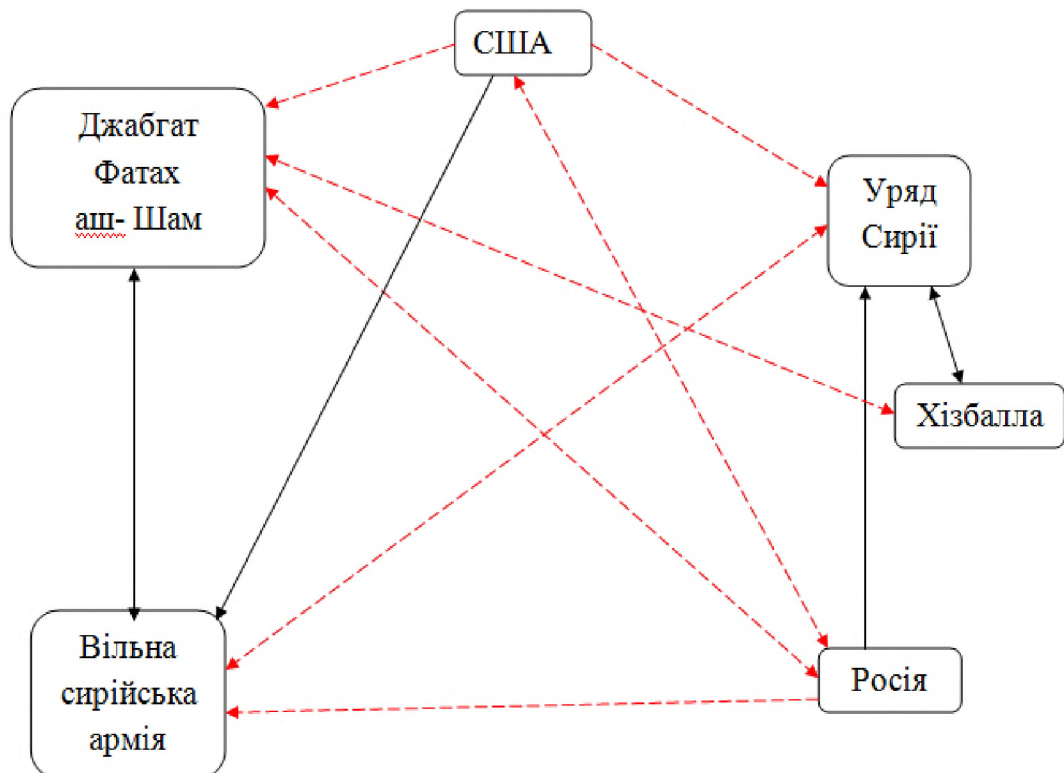


Рисунок 5.18 – Граф відношень для Джабгат Фатах аш- Шам



Граф відношень для Джабгат Фатах аш - Шам декомпонований, так як не містить підграф типу  $S_4$ .

Цьому графу відповідає поліном

$$e(f + g) + b(h + a) \quad (5.29)$$

Діагональна форма

$$\begin{array}{cc} [f] + [g] & [h] + [a] \\ [e][f + g] & [b][h + a] \\ [e(f + g)] & + [b(h + a)] \\ [e(f + g) + b(h + a)] & \end{array} \quad (5.30)$$

І рівняння для  $g$  отримаємо після спрощення

$$\begin{aligned} g &= e(f + g) + b(h + a) + \overline{(f + g + h + a)} = \\ &= e(f + g) + b(h + a) + \bar{f} * \bar{g} * \bar{h} * \bar{a} \end{aligned} \quad (5.31)$$

Беручи значення із матриці впливів, і підставляючи його у рівняння, можемо розрахувати, що рівняння прийме вид:

$$g = 1 \quad (5.32)$$

Отже, Джабгат Фатах аш- Шам знаходиться у активному стані.

## 5.9 Вибір для Хізбали

Для Хізбали граф буде виглядати наступним чином:

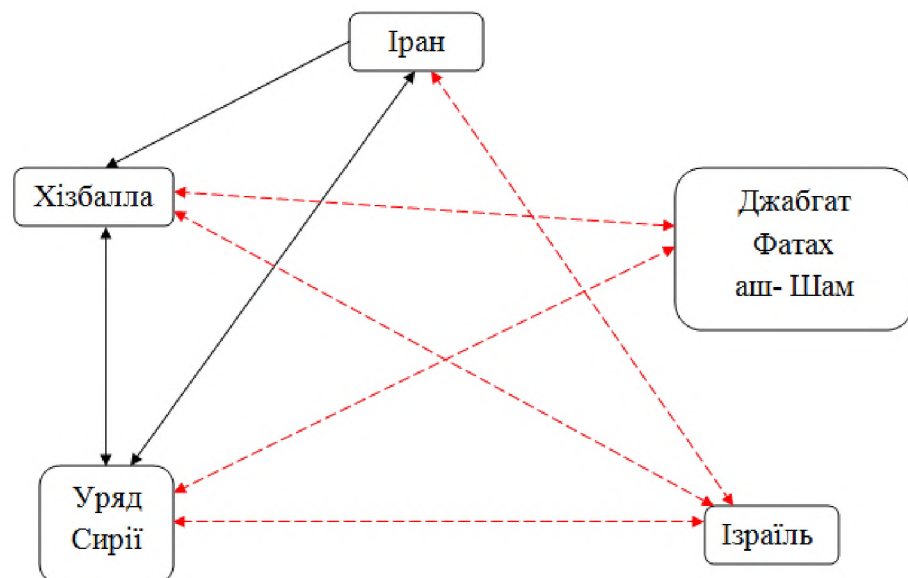


Рисунок 5.19 – Граф відношень для Хізбали

Граф відношень для Хізбали декомпонований, так як не містить підграф типу  $S_4$ .

Цьому графу відповідає поліном

$$hcb + g + j \quad (5.33)$$

Діагональна форма

$$\begin{array}{c} [h][c][b] \\ [hcb] + [g] + [j] \\ [hcb + g + j] \end{array} \quad (5.34)$$

І рівняння для  $h$  отримаємо після спрощення

$$h = hcb + g + j \quad (5.35)$$

Беручи значення із матриці впливів, і підставляючи його у рівняння, можемо розрахувати, що рівняння прийме вид:

$$h = 1 \quad (5.36)$$

Отже, Хізбала знаходиться у активному стані.

### 5.10 Вибір демократичних сил Сирії

Для ДСС граф буде виглядати наступним чином:

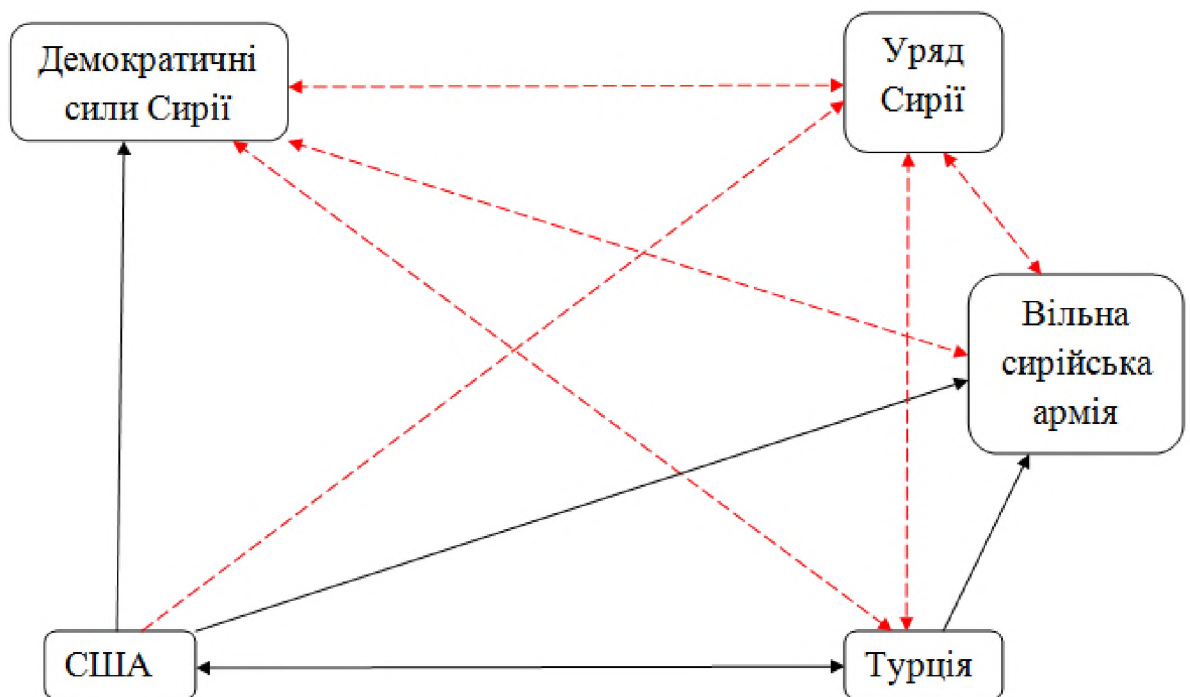


Рисунок 5.20 – Граф відношень для ДСС

Граф відношень для ДСС декомпонований, так як не містить підграф типу  $S_4$ .

Цьому графу відповідає поліном

$$f(de + i) + b \quad (5.37)$$

Діагональна форма

$$\begin{array}{ccccccc} & & & & [d][e] & & \\ & & & & [de] & + & [i] \\ & & [f][de + i] & & & & \\ & [f(de + i)] & & + & [b] & & \\ [f(de + i) + b] & & & & & & \end{array} \quad (5.38)$$

І рівняння для  $i$  отримаємо після спрощення

$$f(de + i) + b = 1 \quad (5.39)$$

Рівняння прийме вид:

$$i = 1 \quad (5.40)$$

Отже, демократичні сили Сирії знаходяться у активному стані.

## Висновки до розділу 5

Розглянуто та детально розібрано модель рефлексивного агента в групі, запропоновану Лефевром. Засвоєно методи побудови моделі. Вивчено питання аналізу результатів використання даної моделі.

Розроблено граф міжнародних відносин між країнами на Близькому Сході в умовах сирійського конфлікту. І відносно нього застосовано модель Лефевра.

Як висновок, дана модель прийняття рішень є громіздкою та складною. Але, незважаючи на це, вона дає певні результати, що можна використовувати для прогнозування дій учасників конфлікту.

## 6 УДОСКОНАЛЕННЯ МОДЕЛІ ЛЕФЕВРА

У своїх роботах Лефевр допускав певні спрощення, тому поставимо за мету щоб висвітлити дані недоліки. Це слід зробити для того, щоб краще зрозуміти саму суть цих досліджень і етапів розрахунку. Тому поставимо за мету щоб узагальнити недоліки моделі рефлексивного агента за Лефевром і побудувати розширену модель, щоб точніше зрозуміти алгоритм.

### 6.1 Узагальнення недоліків моделі рефлексивного агента за Лефевром

У попередньому розділі модель має деякі недоліки:

1. Має місце думка, що всі агенти, які складають групу мають бачити ситуацію однаково. Але частіше за все це не так. Тому що насправді кожен учасник групи бачить ситуацію по своєму.

2. Допускається що весь набір альтернатив однаково схиляє кожного учасника. Але насправді у реальному житті суб'єкти, що приймають рішення можуть вподобати зовсім протилежні різні альтернативи, бо у кожного є свої пріоритети, і кожен обирає собі альтернативу яка його більш приваблює.

3. Вважається, що можна тільки задати набір альтернатив, і сказати що одну особу будуть схиляти до однієї альтернативи, а до іншої навпаки не схиляти. Але насправді, агенти у групі, кожен з них буде схиляти суб'єкта до певної альтернативи з різною силою і очевидно, що суб'єкт який приймає рішення більш імовірно вибере ту альтернативу, яку їй нав'язують найбільше.

4. За моделлю Лефевра, бачимо, що інші агенти у групі можуть впливати на суб'єкта тільки схиляння до певної альтернативи або їх сукупності. Взагалі, насправді, всі Агенти можуть схиляти суб'єкта з різним ступенем нав'язуваності, загалом, щоб задовольнити власні примхи.

5. Вважається, що деякі рішення які приймає агент у групі повністю можуть залежати тільки від того як на нього вплине група. І ми бачимо, що суб'єкт повністю піддається впливу групи, а саме противника і приймає

рішення, яке йому нав'язують, причому не з кращих побуджень.

6. Великим недоліком є те що дуже складно перевірити граф на декомпонованість. Єдине що потрібно зробити щоб перевірити граф, це визначити чи є в цьому графі граф  $S_4$ .

Отже, ми бачимо що ці недоліки пов'язані з тим, що присутня певна невизначеність. Отже, все ж таки, її треба врахувати. Тут є дві невизначеності:

- Першого роду : виникає з імовірнісна і поведінки фізичної системи.
- Другого роду: пов'язана з нечіткість у міркуванні сприйняття.

У першому випадку слід звернутися до теорії ймовірності.

Для опису невизначеності другого роду слід звернутися до нечіткої логіки. Як ми знаємо моделі запропонованої Лефевра в основу покладено теорія множин. Щоб розширити цю теорію слід перейти до теорії нечітких множин. Це може допомогти нам отримати точніші результати і прогнози. Тому наступним кроком буде замінено звичайну множина на нечітку.

## 6.2 Оцінка функції приналежності для інтенціонального рівняння

Коли вирішується інтенціональні рівняння та коли спрощується експоненційне рівняння, саме тоді у моделі Лефевра використовується теорія множин.

Коли ми замінимо на нечіткі множини, то маємо мати на увазі, що тоді не буде виконуватися властивість доповнюваності. Тому слід зводити спрощену експоненційного формула до такої форми:

$$Ax + B\bar{x} + C\bar{x}x + D = x \quad (6.1)$$

Де  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  – нечіткі множини з відомими значеннями функції приналежності для кожного елементу.

Як ми знаємо раніше було показано, що у теорії нечітких множин  $x\bar{x}$  не буде дорівнювати нулю. З формули (6.1) слідує що для кожного елементу нечіткої множини буде виконуватися дане співвідношення:

$$\max(\min(\mu_x, \mu_A), \min(\mu_{\bar{x}}, \mu_B), \min(\mu_C, \mu_x, \mu_{\bar{x}}), \mu_D) = \mu_x \quad (6.2)$$



де  $\mu$  – функція приналежності

Для простоти запису позначимо  $\mu_{x \sim x}$

Будемо розглядати випадки, коли це можливо

1. Нехай

$x \leq A$ , тоді

$$\begin{aligned} x &\geq D, x \geq \min(\bar{x}, x, C), \forall x \in [0; 1] \\ x &\geq \min(\bar{x}, B) \end{aligned} \quad (6.3)$$

Розкриємо два випадки:

$$1.1 \quad x \geq B, \bar{x} \geq B, x \in [\max(B, D); \min(A, \bar{B})]$$

$$1.2 \quad x \geq \bar{x}, \bar{x} \leq B, x \in \left[ \max \left( D, \bar{B}, \frac{1}{2} \right); A \right]$$

Оцінимо в цьому випадку функцію приналежності:

$$x \in \left[ \max \left( D, \min \left( B, \frac{1}{2} \right) \right); A \right], \max \left( D, \min \left( B, \frac{1}{2} \right) \right) \leq A \quad (6.4)$$

2. Якщо  $x \leq C$ ,  $x \geq D$ , тоді

$$x \geq B, \bar{x} \geq B, x \leq \bar{x}$$

Оцінимо в цьому випадку функція приналежності:

$$\begin{aligned} x &\in \left[ \max \left( D, \min \left( B, \frac{1}{2} \right) \right); \max \left( A, \min \left( C, \bar{B}, \frac{1}{2} \right) \right) \right] \\ \max \left( D, \min \left( B, \frac{1}{2} \right) \right) &\leq \max \left( A, \min \left( C, \bar{B}, \frac{1}{2} \right) \right) \end{aligned} \quad (6.5)$$

3. Розглянемо точкові оцінки для  $x > A, x > C$

$$3.1 \quad x = \bar{x} = \frac{1}{2}, A, D, C \leq \frac{1}{2}, B \geq \frac{1}{2} \quad (6.6)$$

3.2  $x = B, B \geq D$ ,

$$x \in \left[ \max(A, C, D); \frac{1}{2} \right] \cap B, \max(A, C, D) \leq B \leq \frac{1}{2} \quad (6.7)$$

$$3.3 \ x = D, x \geq B, \bar{x} \geq B . x \in \left[ \max \left( A, \bar{B}, \frac{1}{2} \right); 1 \right] \cap D$$

$$x = D, x \geq \bar{x}, \bar{x} \leq B \in [\max(A, B); \bar{B}] \cap D \quad (6.8)$$

І отримана загальна оцінка

$$x \in \left[ \max \left( A, \min \left( B, \frac{1}{2} \right) \right); 1 \right] \cap D, \max \left( A, \min \left( B, \frac{1}{2} \right) \right) \leq D \quad (6.9)$$

Таблиця 6.1 – Узагальнення рішень інтенціонального рівняння при різних значеннях параметрів

Значення параметрів	Оцінка функції приналежності
$\max \left( D, \min \left( B, \frac{1}{2} \right) \right) \leq \max \left( A, \min \left( C, \bar{B}, \frac{1}{2} \right) \right)$	$\left[ \max \left( D, \min \left( B, \frac{1}{2} \right) \right); \max \left( A, \min \left( C, \bar{B}, \frac{1}{2} \right) \right) \right]$
$\max(A, C, D) \leq B \leq \frac{1}{2}$	$\left[ \max(A, C, D); \frac{1}{2} \right] \cap B$
$\max \left( A, \min \left( B, \frac{1}{2} \right) \right) \leq D$	$\left[ \max \left( A, \min \left( B, \frac{1}{2} \right) \right); 1 \right] \cap D$
$A, D, C \leq \frac{1}{2}, B \geq \frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$

## Висновки до розділу 6

В даному розділі була розширена модель Лефевра, Тобто було здійснено її удосконалення. Це було зроблено шляхом введення нечітких множин. А також представлені формули за допомогою яких в подальшому можна буде більш точно вирахувати результати та прогнози.

Показано покрокове рішення інтенціонального рівняння заданого нечітких множинах та у таблиці показані результати.

Також було виявлено недоліки у моделі рефлексивного агента за Лефевром.



## 7 ЗАСТОСУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ МОДЕЛІ

Отже, після того як ми описали розширену модель рефлексивного агента у групі, можемо спробувати її перевірити, наскільки вона є ефективна та працює на практиці. Для цього будемо розглядати попередній приклад, тобто міжнародні відносини між країнами у Сирії. Потім порівняємо результати попередні з результатами, які отримаємо при застосуванні удосконаленої моделі Лефевра.

Можемо сказати, що дана модель буде ефективнішою і адекватнішою, якщо ми отримаємо більш точні результати в порівнянні з попередніми розрахунками.

## 7.1 Сирійський конфлікт. Нечітка модель

Розглянемо знову граф відносин між сторонами учасниками конфлікту на Близькому Сході .

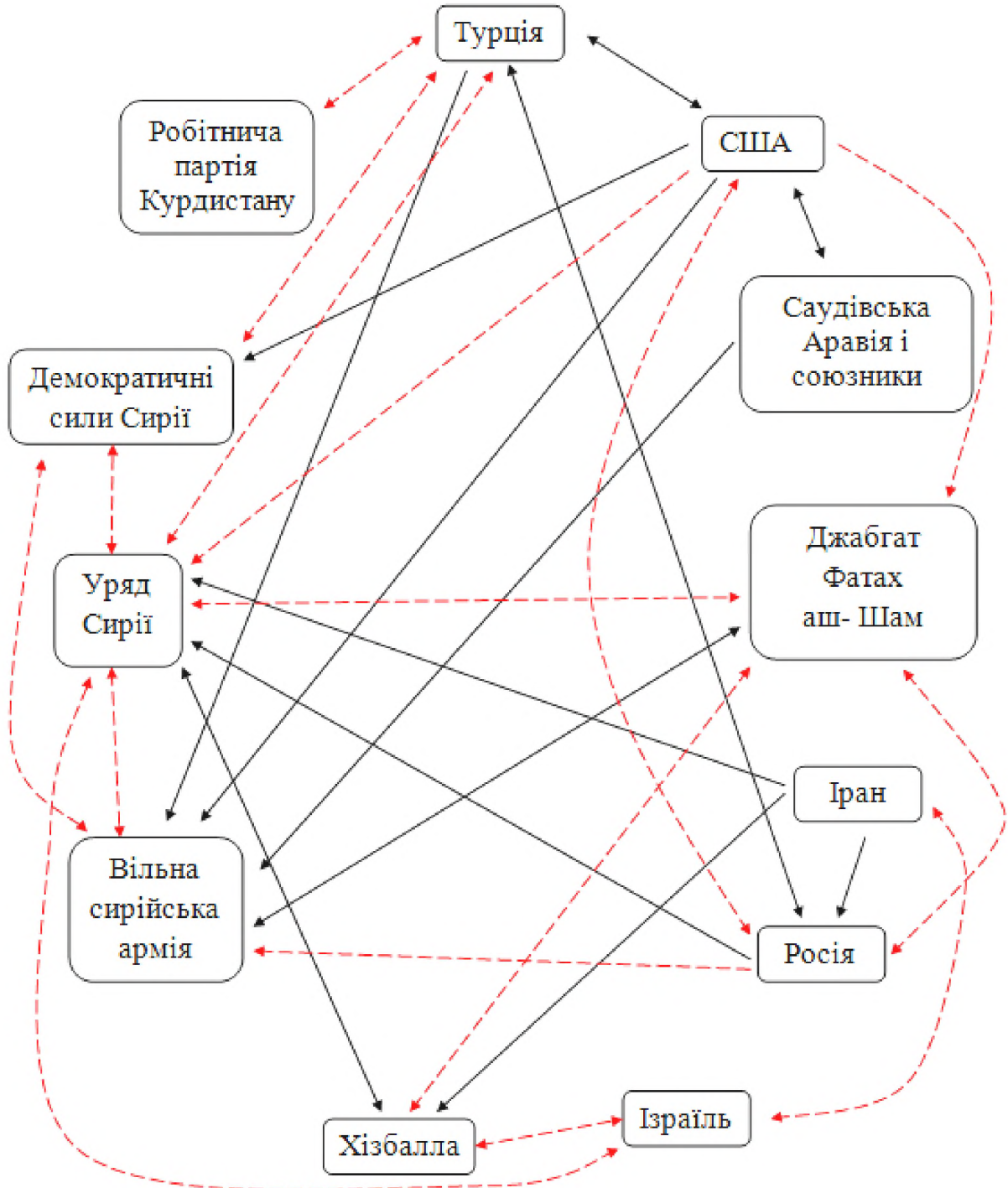


Рисунок 7.1 – Граф відношень між сторонами на Близькому Сході

Тепер розглянемо вибір конкретний для кожної сторони даного конфлікту.

## 7.2 Вибір Росії

Для Росії граф буде виглядати наступним чином:

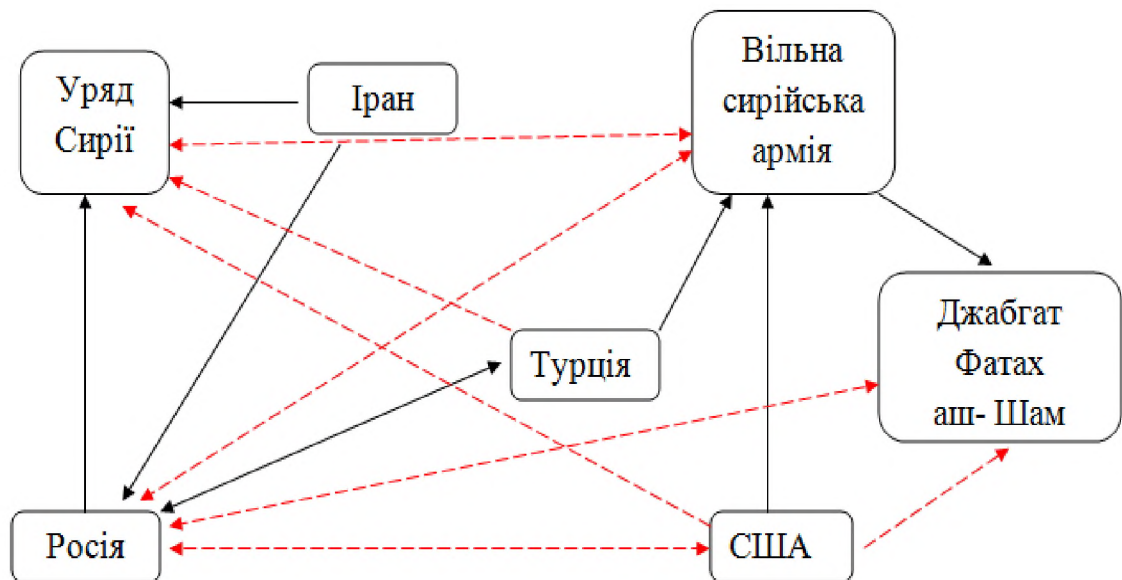


Рисунок 7.2 – Граф відношень для Росії

Граф відношень для Росії недекомпонований.

Порядок важливості країн для Росії: уряд Сирії, США, вільна Сирійська армія, Іран, Турція, Джабгат Фатах аш- Шам.

Для того щоб граф став декомпонований, маємо виключити із нього декілька сторін по мірі їх неперіоритетності. Помітимо, що якщо не враховувати Турцію і Джабгат Фатах аш- Шам, то граф відразу стає декомпонований.

Він виглядатиме наступним чином :

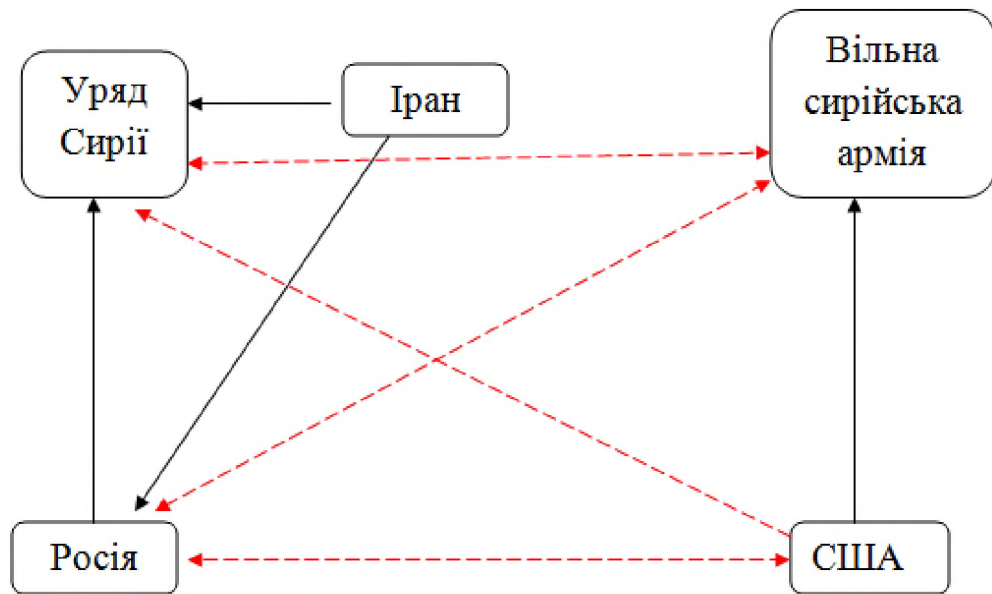


Рисунок 7.3 – Декомпонований граф для Росії

Цьому графу відповідає поліном

$$abc + ef \quad (7.1)$$

Діагональна форма

$$\begin{matrix} [a][b][c] & [e][f] \\ [abc] & + & [ef] \\ [abc + ef] \end{matrix} \quad (7.2)$$

І рівняння для  $a$  після спрощення і групування, щоб привести до вигляду(6.1)

$$a = a (bc + \bar{b}bc\bar{e}ef + \bar{b}bce\bar{f}f + b\bar{c}\bar{c}\bar{e}ef + b\bar{c}c\bar{f}fe) + \bar{a}a(bc\bar{e}ef + bc\bar{f}fe) + ef \quad (7.3)$$

Сирійський уряд активно наполягає на тому, щоб Росія захищала його від вільної сирійської армії, тому  $b=1$ .

Іран схиляє Росію до дій, але не зовсім активно, тому  $c=0,6$ .

США активно схиляє Росію до дій, але сумнівається щодо активності своїх дій, тому  $f=0,8$ .

Вільна Сирійська армія схиляє Росією до пасивних дій, тому  $e=0,2$ .

Таким чином, знаючи значення коефіцієнтів, можемо знайти значення  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ .

Одержимо, що

$$A=\max(0,6; 0; 0; 0,2; 0,2) = 0,6; B=0; C = \max(0,2; 0,2) ; D = 0,2;$$

Звернемося до таблиці , бачимо що нам підходить випадок перший і розв'язком буде:

$$x \in \left[ \max \left( D, \min \left( B, \frac{1}{2} \right) \right); \max \left( A, \min \left( C, \bar{B}, \frac{1}{2} \right) \right) \right] \quad (7.4)$$

Тож маємо таке рішення:

$$a \in [0,2; 0; 6] \quad (7.5)$$

Отже, ми бачимо, що Росія у сирійському конфлікті має досить широкий вибір. Це фактично відповідає свободі вибору.

### 7.3 Вибір Уряду Сирії

Для уряду Сирії граф буде виглядати наступним чином:

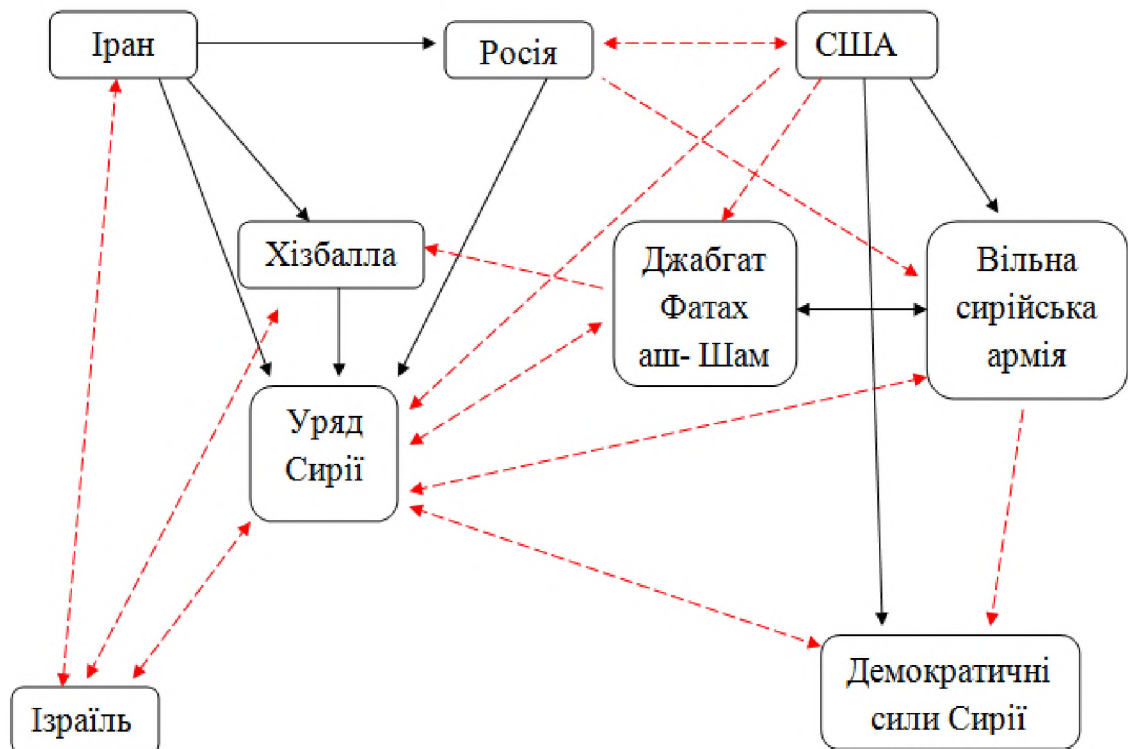


Рисунок 7.4 – Граф відношень для уряду Сирії

Граф відношень для уряду Сирії недекомпонований.



Порядок важливості сторін для уряду Сирії: Росія, демократичні сили Сирії, вільна Сирійська армія, США, Іран, Хізбалла, Джабгат Фатах аш- Шам, Ізраїль.

Для того щоб граф став декомпонований, маємо виключити із нього декілька сторін по мірі їх неперіоритетності. Помітимо, що якщо не враховувати Джабгат Фатах аш- Шам і Ізраїль, то граф відразу стає декомпонований.

Він виглядатиме наступним чином :

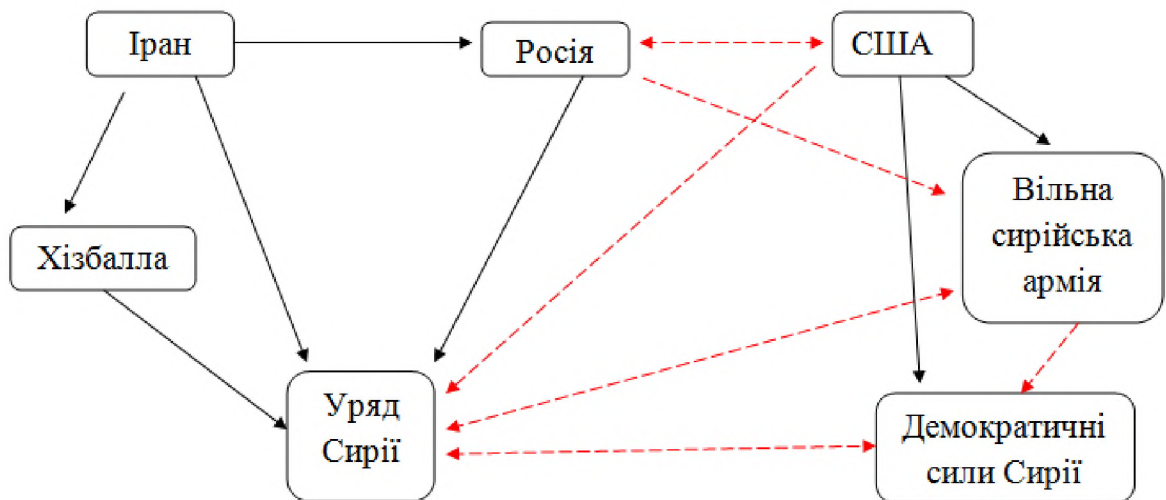


Рисунок 7.5 – Декомпонований граф для уряду Сирії

Цьому графу відповідає поліном

$$cb(a + h) + f(e + i) \quad (7.6)$$

Діагональна форма

$$\begin{array}{cc}
 [a] + [h] & [e] + [i] \\
 [c][b][a + h] & [f][e + i] \\
 [cb(a + h)] & + [f(e + i)] \\
 [cb(a + h) + f(e + i)] & 
 \end{array} \quad (7.7)$$

І рівняння для  $b$  отримаємо після спрощення виглядатиме так:

$$\begin{aligned}
 b = & b \left( c(a + h) + (\bar{c}sa + \bar{c}ch) (\bar{e}\bar{i} + \bar{f}f(e + i)) \right) + \\
 & + \bar{b}b (\bar{e}\bar{i} + \bar{f}f(e + i)) (ca + ch) + f(e + i) + \bar{a}\bar{h}(\bar{e}\bar{i} + \bar{f}f(e + i)) \quad (7.8)
 \end{aligned}$$

Росія всіляко наполягає, щоб уряд Сирії діє активно, тому  $a=1$ .

Іран не наполягає на активних воєнних діях, тому  $c=0,2$ .

США активно схиляє уряд Сирії діяти, тому  $f=0,8$ .

Хізбалла також активно схиляє до дій, тому  $h=0,7$ .

Вільна Сирійська армія і демократичні сили Сирії активно схиляють уряд Сирії до дій, тому  $e=0,9$ ;  $i=0,9$ ;

Після розрахунків, маємо, що

$A=0,2$ ;  $B=0$ ;  $C=0,2$ ;  $D=0,8$ ;

За таблицею рівняння має таке рішення:

$$b \in [0,8;1] \quad (7.9)$$

Отже уряд Сиріїщо схиляється до активної лінії поведінки.

#### 7.4 Вибір Ірану

Для Ірану граф буде виглядати наступним чином:

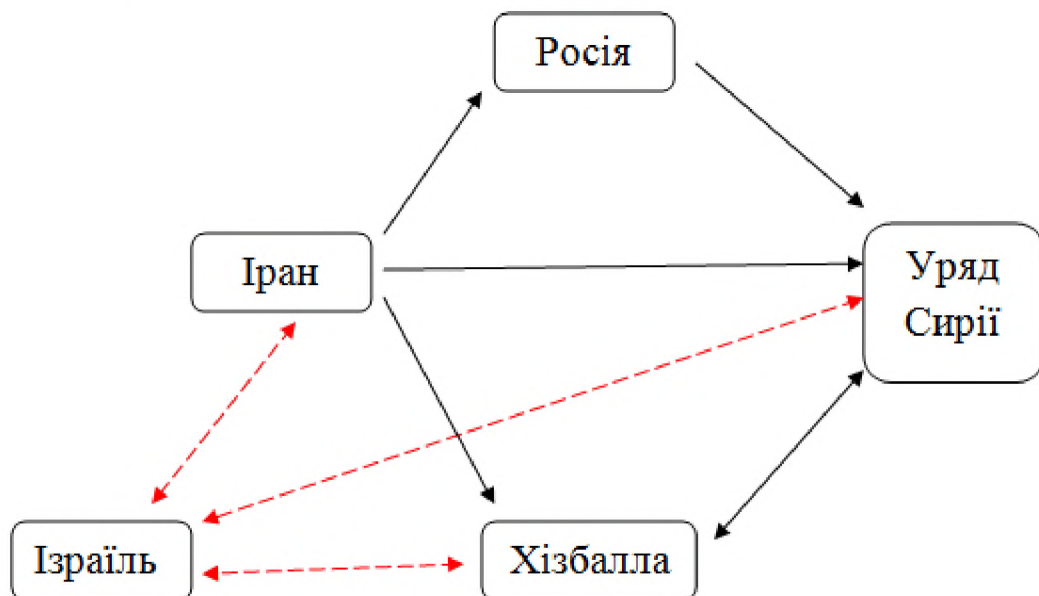


Рисунок 7.6 – Граф відношень для Ірану

Граф відношень для Ірану декомпонований, так як не містить підграф типу  $S_4$ .

Цьому графу відповідає поліном

$$cb(a + h) + j \quad (7.10)$$

Діагональна форма

$$\begin{array}{c} [a] + [h] \\ [c][b][a + h] \\ [cb(a + h)] + [j] \\ [cb(a + h) + j] \end{array} \quad (7.11)$$

І рівняння для  $c$  після спрощення буде виглядати так

$$\begin{aligned} c = c(b(a + h) + \bar{b}b(a + h)\bar{j} + \bar{a}\bar{h}b(a + h)\bar{j}) + \\ + \bar{c}(\bar{a}\bar{h}\bar{j}) + \bar{c}cb(a + h)j + j + \bar{b}\bar{a}\bar{h}\bar{j} + \bar{a}\bar{h}\bar{j} \end{aligned} \quad (7.12)$$

$a = 0,3$ ;  $b = 0,6$ ;  $h = 0,8$ ;  $j = 0,1$ ;

Підставивши ці значення отримаємо, що

$A = 0,6$ ;  $B = 0,2$ ;  $C = 0,6$ ;  $D = 0,2$ ;

Провівши розрахунки, маємо

$$c \in [0,2; 0,6] \quad (7.13)$$

Тобто бачимо що за результатами Іран має свободу вибору в своїх діях. Але за результатами попередніх розрахунків, було отримано що Іран настроєний дуже пасивно. Тобто, тут ми отримали більш точний результат.

## 7.5 Вибір Турції

Для Турції граф відношень буде виглядати наступним чином:



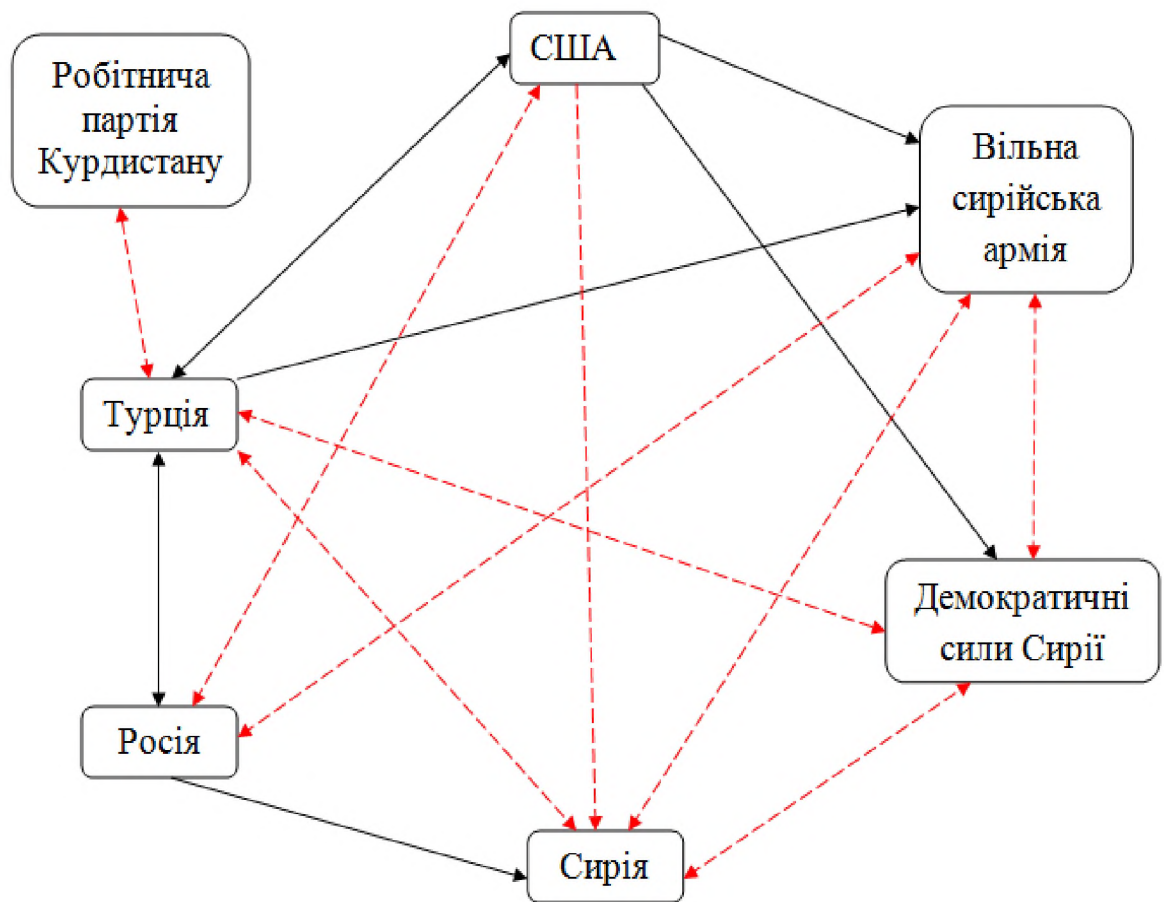


Рисунок 7.7 - Граф відношень для Турції

Граф відношень для Турції недекомпонований.

Порядок важливості сторін для Турції: США, уряд Сирії, вільна Сирійська армія, демократичні сили Сирії, Росія, Курдистан.

Для того, щоб граф став декомпонований, маємо виключити із нього декілька сторін по мірі їх неперіоритетності. Помітимо, що якщо не враховувати Росію і Курдистан., то граф відразу стає декомпонований.

Він виглядатиме наступним чином:

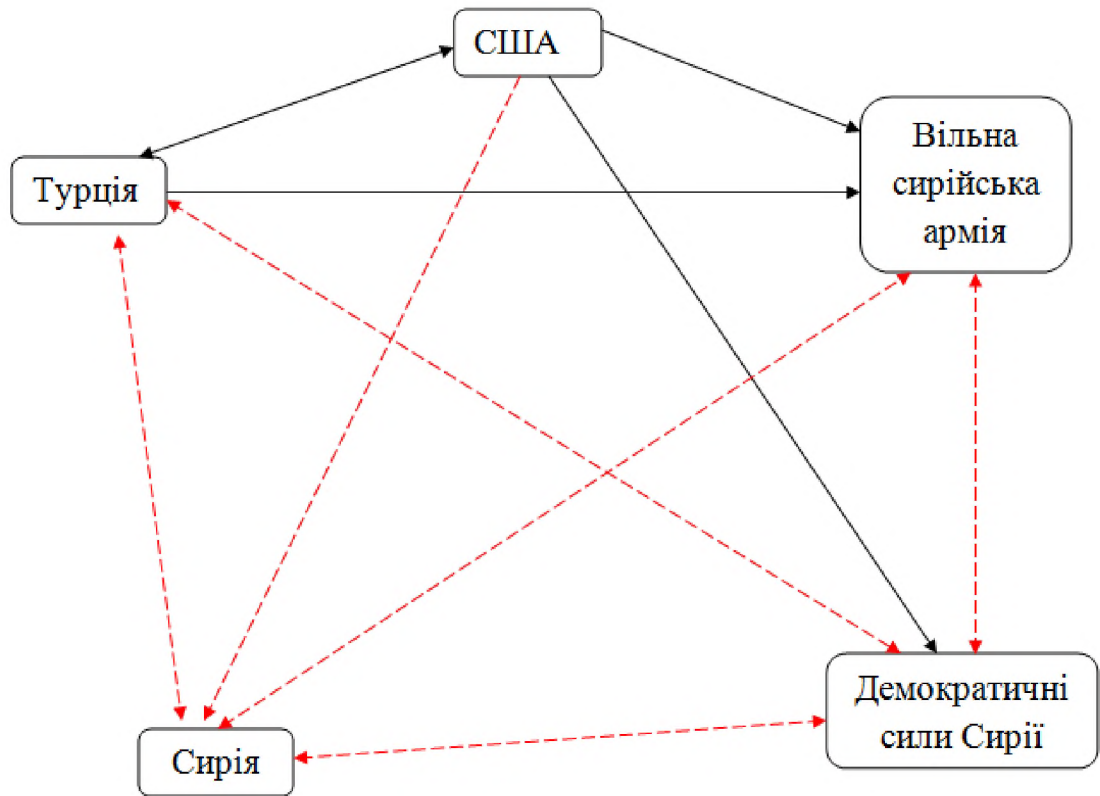


Рисунок 7.8 – Декомпонований граф для Турції

Цьому графу відповідає поліном

$$f(de + i) + b \quad (7.14)$$

Діагональна форма

$$\begin{aligned} & \begin{matrix} [d][e] \\ [de] \end{matrix} + \begin{matrix} [i] \\ [f][de + i] \end{matrix} \\ & \begin{matrix} [f(de + i)] \\ [f(de + i) + b] \end{matrix} + \begin{matrix} [b] \end{matrix} \quad (7.15) \end{aligned}$$

І рівняння для  $d$ :

$$\begin{aligned} d = & d(fe + \bar{f}f\bar{b}e + \bar{f}\bar{e}e\bar{b}i + \bar{b}\bar{e}i\bar{f}e + \bar{e}e\bar{b}i + \bar{e}e\bar{b}i) + \\ & + \bar{d}(\bar{b}i\bar{f}i) + \bar{d}d(\bar{f}e\bar{b}i + \bar{b}i\bar{f}e + \bar{b}i\bar{e} + \bar{b}i\bar{e}e + \bar{b}\bar{e}i\bar{e}) + \\ & + fi + b + \bar{f}f\bar{b}i + \bar{b}\bar{e}i\bar{f}i \quad (7.16) \end{aligned}$$

$b = 0,4$ ;  $e = 0,8$ ;  $f = 0,1$ ;  $i = 0,2$ ;

Після підстановки цих значень отримаємо, що

$A = 0,2$ ;  $B = 0,1$ ;  $C = 0,6$ ;  $D = 0,4$ .

Нашим результатом буде

$$d \in [0,2 ; 0,4] \quad (7.17)$$

Отже, є вірогідність того що Турція буде активно діяти, хоч ймовірність дуже низька. А попередня модель показала що Турція схильна до пасивних дій. Бачимо, що удосконалена модель дала більш точні результати.

## 7.6 Вибір Вільної Сирійської армії

Для вільної сирійської армії граф буде виглядати наступним чином:

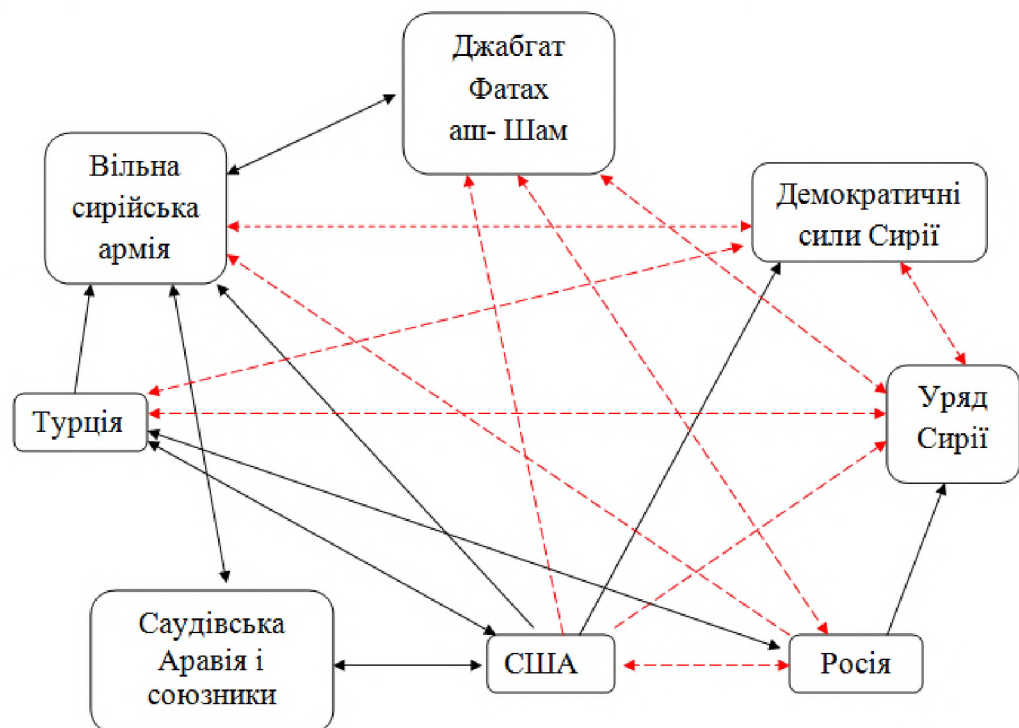


Рисунок 7.9 – Граф відношень для вільної Сирійської армії

Граф відношень для вільної сирійської армії недекомпонований.

Порядок важливості сторін для вільної сирійської армії: сирійський уряд, демократичні сили Сирії, США, Росія, Турція, Джабгат Фатах аш-Шам, Саудівська Аравія.

Для того щоб граф став декомпонований, маємо виключити із нього декілька сторін по мірі їх неперіоритетності. Помітимо, що якщо не

враховувати Джабгат Фатах аш- Шам і Саудівську Аравію, то граф відразу стає декомпонований. Він виглядатиме наступним чином :

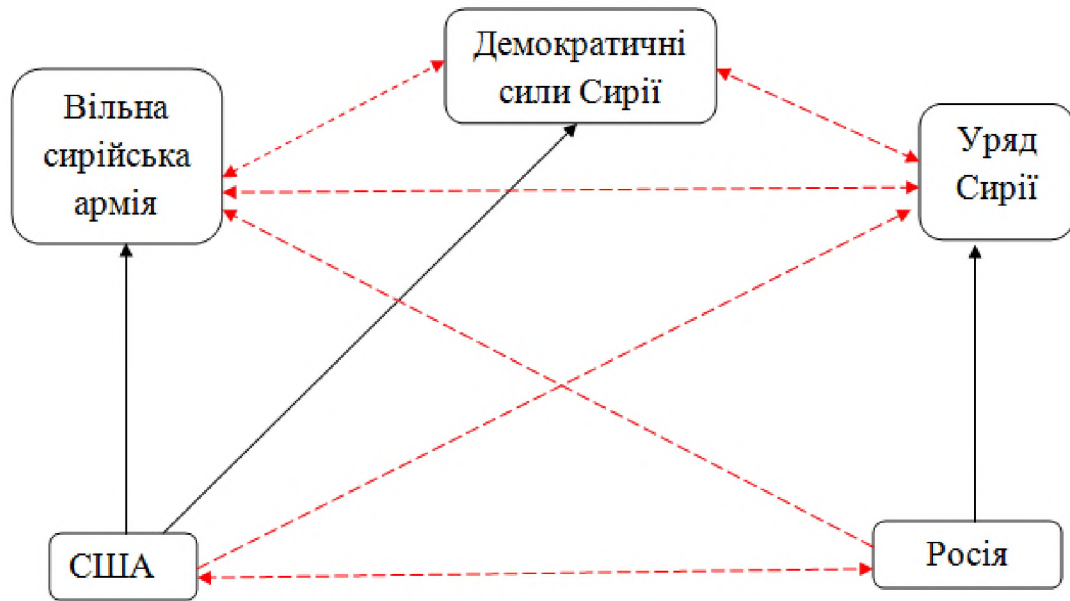


Рисунок 7.10 – Декомпонований граф для вільної сирийської армії

Цьому графу відповідає поліном

$$f(e + i) + ab \quad (7.18)$$

Діагональна форма

$$\begin{array}{ccc} & [e] + [i] & \\ & [f] [e + i] & [a][b] \\ [f(e + i)] & & + [ab] \\ [f(e + i) + ab] & & \end{array} \quad (7.19)$$

І рівняння для  $e$  отримаємо після спрощення

$$\begin{aligned} e = & e(f + \bar{f}f(\bar{a} + \bar{b})ab) + \bar{e}(\bar{f}\bar{i} + \bar{i}if + \bar{i})(\bar{a} + \bar{b})ab + \\ & + \bar{e}\bar{e}\bar{i}f(\bar{a} + \bar{b})ab + fi + ab + \bar{f}fi(\bar{a} + \bar{b})ab \end{aligned} \quad (7.20)$$

$$a=0,2; b = 0,9; i = 0,9; f = 0,7;$$

Підставивши ці значення , маємо

$$A = 0,7 ; B = 0,1; C = 0,1; D = 0,7;$$

$$e=0,7 \quad (7.21)$$

Отже , ми бачимо що вільна Сирийська армія з високою ймовірністю готова до активних дій.



## 7.7 Вибір США

Для США граф буде виглядати наступним чином:

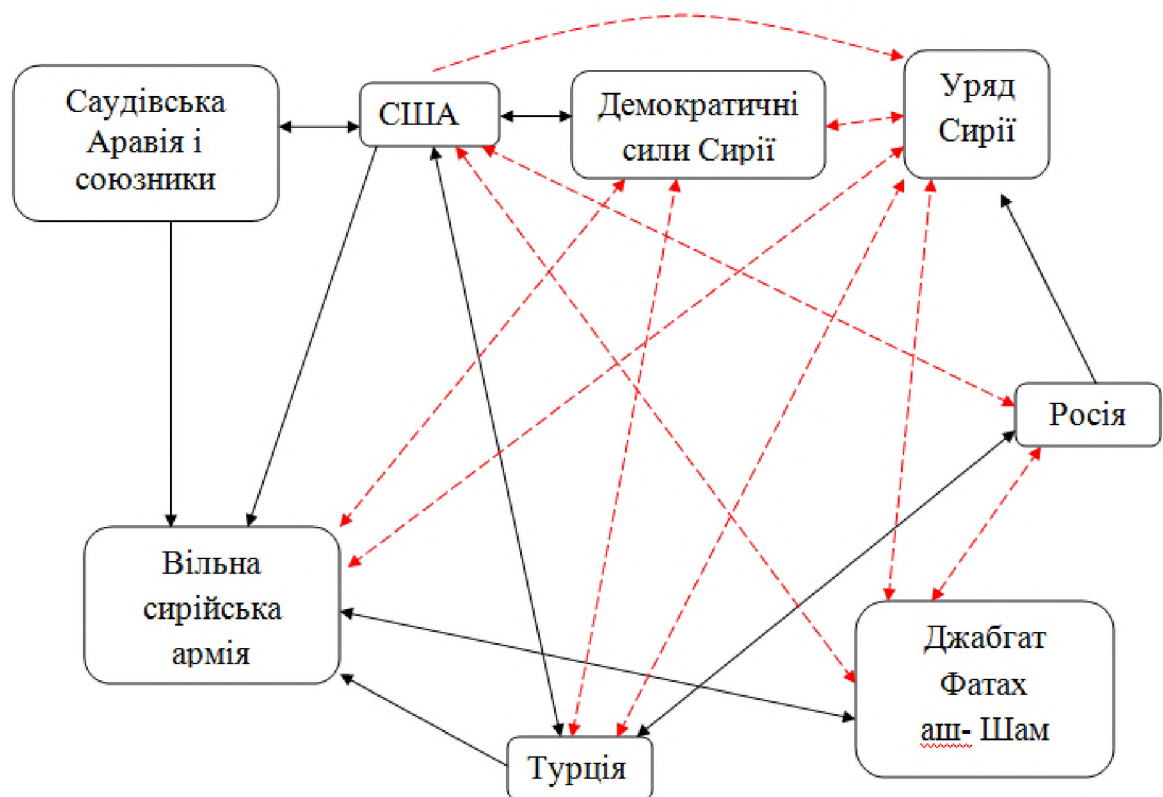


Рисунок 7.11 – Граф відношень для США

Граф відношень для США недекомпонований.

Порядок важливості сторін для США: Росія, сирійський уряд, демократичні сили Сирії, вільна Сирійська армія, Турція, Джабгат Фатах аш-Шам, Саудівська Аравія.

Для того щоб граф став декомпонований, маємо виключити із нього декілька сторін по мірі їх неперіоритетності. Помітимо, що якщо не враховувати Турцію, Джабгат Фатах аш-Шам і Саудівську Аравію, то граф відразу стає декомпонований.

Він виглядатиме наступним чином :

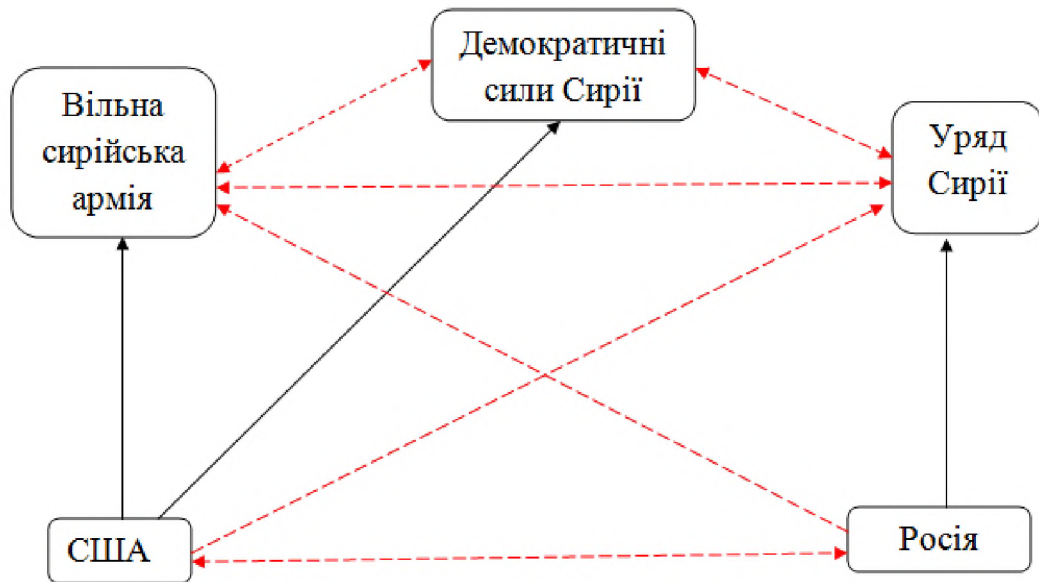


Рисунок 7.12 – Декомпонований граф для США

Цьому графу відповідає поліном

$$f(e + i) + ab \quad (7.22)$$

Діагональна форма

$$\begin{array}{c} [e] + [i] \\ [f] [e + i] \quad [a][b] \\ [f(e + i)] \quad + [ab] \\ [f(e + i) + ab] \end{array} \quad (7.23)$$

І рівняння для  $f$  отримаємо після спрощення

$$\begin{aligned} f = f(e + i + \bar{e}\bar{e}\bar{i}(\bar{a} + \bar{b})ab + \bar{e}\bar{i}i(\bar{a} + b)ab) + \bar{f}\bar{e}\bar{i}(\bar{a} + \bar{b})ab + \\ + \bar{f}f(e + i)(\bar{a} + \bar{b})ab + ab + \bar{e}\bar{i}(\bar{a} + \bar{b})ab \end{aligned} \quad (7.24)$$

$a = 0,7$ ;  $b = 0,8$ ;  $e = 0,9$ ;  $i = 0,8$ .

Підставивши ці значення отримаємо

$A = 0,9$ ;  $B = 0,1$ ;  $C = 0,3$ ;  $D = 0,7$ .

$$f \in [0,7; 0,9] \quad (7.25)$$

Отже, бачимо, що США з великою ймовірністю готова до активних дій.

## 7.8 Вибір Джабгат Фатах аш- Шам

Для Джабгат Фатах аш- Шам граф буде виглядати наступним чином:

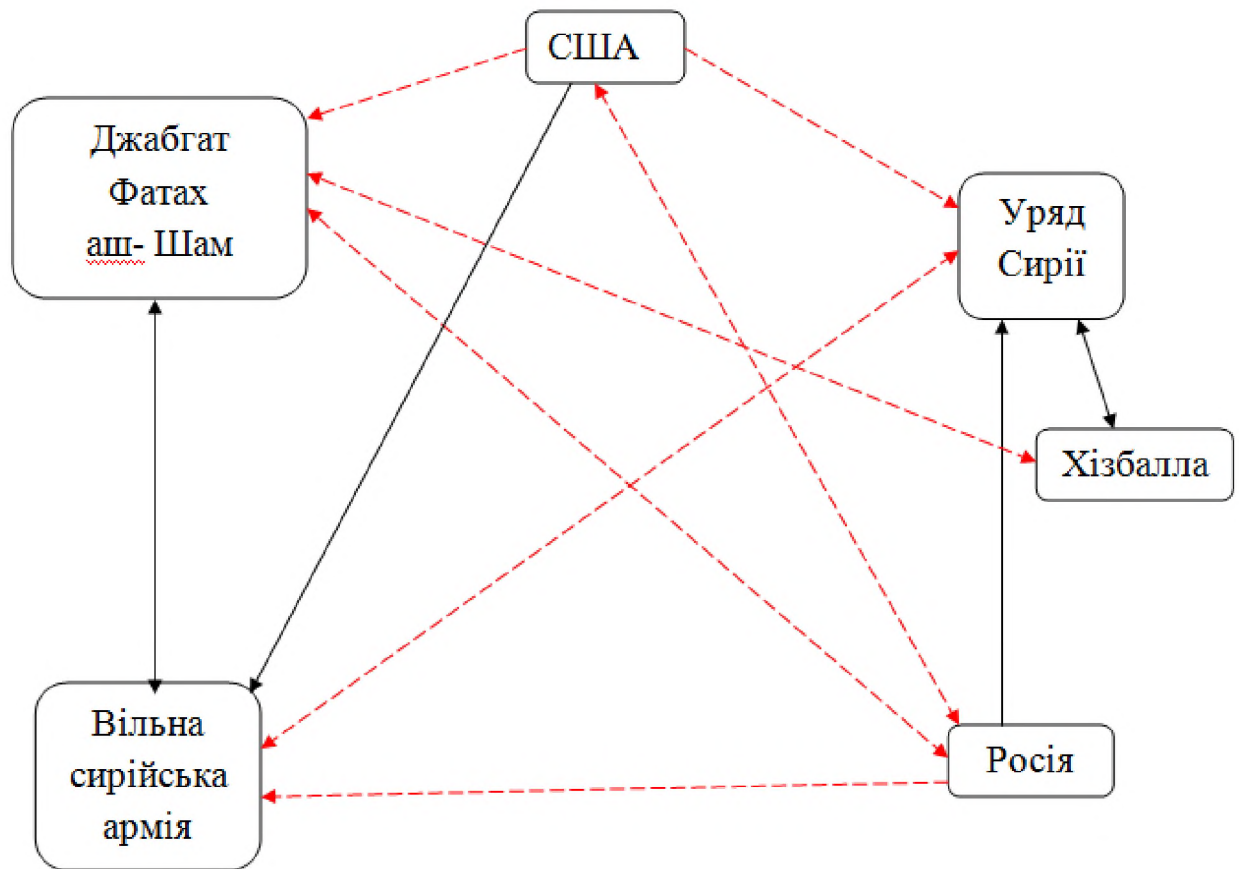


Рисунок 7.13 – Граф відношень для Джабгат Фатах аш- Шам

Граф відношень для Джабгат Фатах аш - Шам декомпонований.

Цьому графу відповідає поліном

$$e(f + g) + b(h + a) \quad (7.26)$$

Діагональна форма

$$\begin{array}{cc} [f] + [g] & [h] + [a] \\ [e][f + g] & [b][h + a] \\ [e(f + g)] & + [b(h + a)] \\ [e(f + g) + b(h + a)] & \end{array} \quad (7.27)$$

І рівняння для  $g$  отримаємо після спрощення

$$\begin{aligned} g = g \Big( e + \bar{e}e \big( \bar{h}\bar{a} + \bar{b}b(h + a) \big) \Big) + \bar{g}\bar{f} \big( \bar{h}\bar{a} + \bar{b}b(h + a) \big) + \\ + ef + b(h + a) + \bar{e}ef(\bar{h}\bar{a} + \bar{b}b(h + a)) \end{aligned} \quad (7.28)$$

$$a = 0,6; b = 0,8; h = 0,7; e = 0,9; f = 0,2.$$

Підставивши ці значення отримаємо

$$A = 0,9; B = 0,3; C = 0; D = 0,7.$$

$$g \in [0,7; 0,9] \quad (7.29)$$

Отже, бачимо що Джабгат Фатах аш- Шам готовий до активних дій.

## 7.9 Вибір Хізбали

Для Хізбали граф буде виглядати наступним чином:

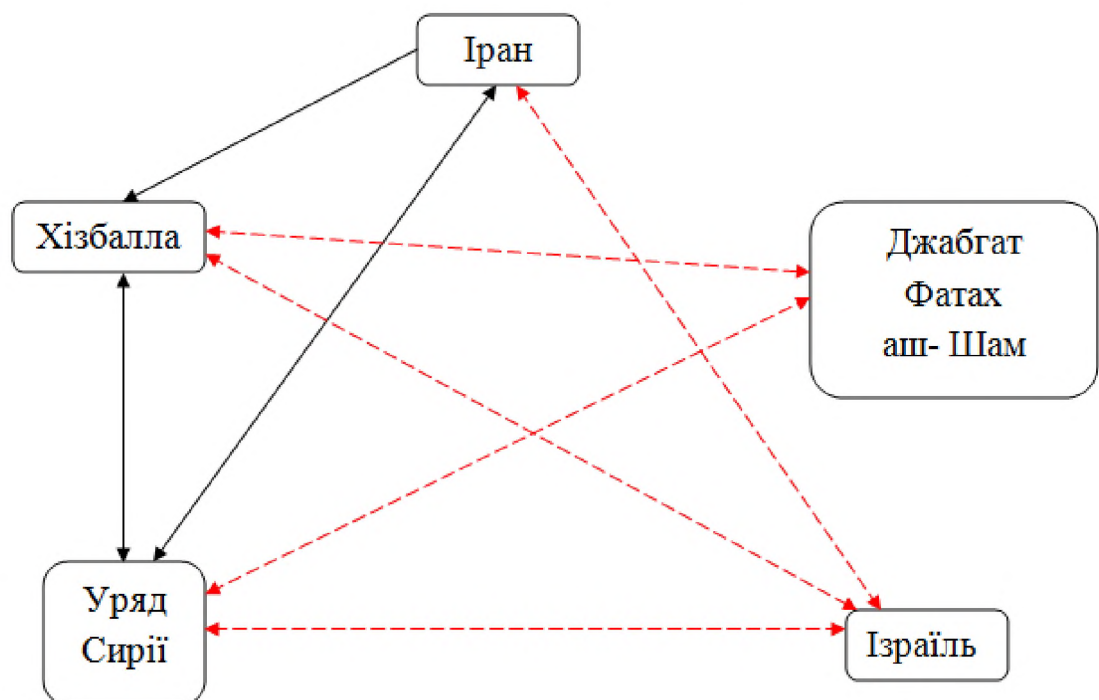


Рисунок 7.14 – Граф відношень для Хізбали

Граф відношень для Хізбали декомпонований, так як не містить підграф типу  $S_4$ .

Цьому графу відповідає поліном

$$hcb + g + j \quad (7.30)$$

Діагональна форма

$$\begin{array}{c} [h][c][b] \\ [hcb] + [g] + [j] \\ [hcb + g + j] \end{array} \quad (7.31)$$



І рівняння для  $h$  отримаємо після спрощення

$$h = h(cb + cb\bar{g}\bar{j}(\bar{c} + \bar{b})) + \bar{h}h\bar{g}\bar{j}cb + g + j \quad (7.32)$$

$$b = 0,8; \quad c = 0,8; \quad g = 0,3; \quad j = 0,6;$$

$$A = 0,8; \quad B = 0; \quad C = 0,4; \quad D = 0,6;$$

$$h \in [0,6; 0,8] \quad (7.33)$$

Отже, Хізбала знаходиться у активному стані.

### 7.10 Вибір Демократичних сил Сирії

Для ДСС граф буде виглядати наступним чином:

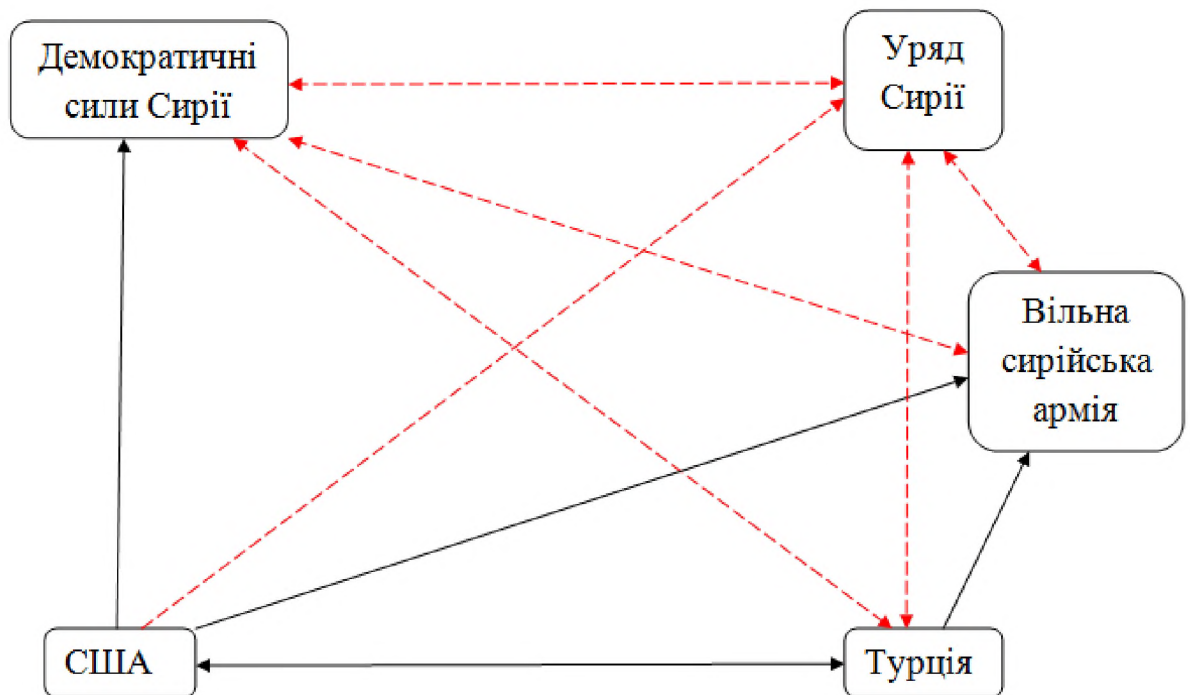


Рисунок 7.15 – Граф відношень для ДСС

Граф відношень для ДСС декомпонований.

Цьому графу відповідає поліном

$$f(de + i) + b \quad (7.34)$$

Діагональна форма

$$\begin{aligned}
 & \begin{array}{c} [d][e] \\ [de] \end{array} + \begin{array}{c} [f][de+i] \\ [f(de+i)] \end{array} + \begin{array}{c} [i] \\ [b] \end{array} \\
 & [f(de+i)+b]
 \end{aligned} \quad (7.35)$$

І рівняння для  $i$  отримаємо після спрощення

$$\begin{aligned}
 i = & i(f + \bar{f}f\bar{b}) + \\
 & + \bar{i}(\bar{d}d\bar{f}e\bar{b} + d\bar{f}\bar{e}e\bar{b} + \bar{d}d\bar{b}f\bar{e} + \bar{d}d\bar{b}e + \bar{d}d\bar{b}\bar{e}e + \bar{d}d\bar{b}\bar{e}e + d\bar{e}e\bar{b}) + \\
 & + \bar{i}i(\bar{d}f\bar{b} + \bar{b}\bar{e}f) + dfe + b + \bar{f}f\bar{b}de
 \end{aligned} \quad (7.36)$$

$B = 0,9$ ;  $d = 0,6$ ;  $e = 0,9$ ;  $f = 0,8$ .

$A = 0,8$ ;  $B = 0,1$ ;  $C = 0,1$ ;  $D = 0,9$ .

$$i = 0,9 \quad (7.37)$$

Отже, демократичні сили Сирії знаходяться у активному стані і готові до дій.

### 7.11 Порівняння отриманих результатів

Якщо дивитися в цілому, то результати отримані за допомогою моделі Лефевра та результати отримані за допомогою удосконаленої моделі є досить схожими. Тож порівняємо дані результати.

Наприклад, Росія у класичній моделі Лефевра мала результат  $a=a$ , тобто вона була у стані свободи вибору, могла або атакувати або бути пасивною в даному питанні. А в удосконаленій моделі Лефевра ми отримали більш точний і зрозумілий результат  $[0,2;0;6]$ . Тобто тут видно щось вірогідність того, що Росія буде вести активні дії, але також бачимо що є ймовірність того, що Росія не буде втручатись.

Схожу ситуацію ми бачимо у вдосконаленій моделі у Ірана. Там такий же результат як і у Росії, тобто  $[0,2;0;6]$ . Але за класичною моделлю Лефевра

бачимо що результат  $c=1$ . Отже, можемо зробити висновки що удосконалена модель показала більш точний результат.

Дуже схожими є результати у Уряду Сирії, США і ДСС. За класичною моделлю Лефевра ці сторони були схильні до активних дій. Але за удосконаленою моделлю їх результати є більш точними, але в них також є висока ймовірність того, що ці сторони схильні до атаки, у Уряду Сирії це  $[0,8;1]$ , для США це  $[0,7;0,9]$ , для ДСС це  $[0,9;1]$ .

Для Турції у класичній моделі Лефевра результат буде 0, тобто Турція буде діяти пасивно у цьому конфлікті. А за удосконаленою моделлю ми отримали більш точний результат, який нам більш повно показує настрої країни, а саме  $[0,2;0,4]$ .

Для ВСА, наприклад, класична модель Лефевра показує що вона готова до активних дій, але за удосконаленою моделлю результат буде 0,7.

Отже, порівнявши ці результати, можемо точно сказати, що все ж таки результати отримані за допомогою удосконаленої моделі більш точні і зрозумілі та за логічними міркуваннями відповідають дійсності.

### **Висновки до розділу 7**

У даному розділі наведена практична частина, яка включає в себе розгляд моделі сирійського конфлікту на Близькому Сході. Але застосовується нова удосконалена модель на той самий граф. Порівняно отримані результати та зроблено висновки.

Порівняння моделей приводить до висновку, що розширена модель враховує більше критеріїв, важливих для прийняття рішень, і в результаті дає точніші прогнози.

## ВИСНОВКИ

Як результат виконання даної дипломної роботи детально вивчено та ретельно розібрано існуючі методи прийняття рішень з урахуванням рефлексії та групових впливів.

Було проаналізовано модель на наявність певних переваг та недоліків. Було розібрано модель Лефевра та розглянуті результати її застосування на прикладі міжнародних відносин на Близькому Сході.

Представлено власні зауваження до існуючої моделі. Також показано випадки, що, на думку автора, є не досить точними. Переглянуті можливості теорії нечітких множин до рішення задач прийняття рішень. Освітлено базові теоретичні основи теорії нечітких множин. Представлені приклади з використанням нечіткої логіки для отримання нечітких множин по оцінкам експерта.

Запропоновано нову альтернативну модель для прогнозування прийняття рішень рефлексивним агентом у групі за умови групових впливів з використанням теорії нечітких множин.

У результаті отримана модель враховує сили впливу на суб'єкта іншими та значимості відносин самого агента з іншими суб'єктами у групі, через те, що введено застосування нечітких множин. Розроблено способи рішення інтенціонального рівняння з параметрами, заданого на нечітких множинах. Це дає можливість оцінити значення функції приналежності даної альтернативи та порівняти з іншими.

Запропоновану модель також було застосовано на прикладі міжнародного конфлікту на Близькому Сході. Результати проаналізовано та порівняно з результатами застосування існуючої моделі. Зроблено висновки. Нова запропонована модель дозволяє забезпечити новий рівень розуміння і прогнозування процесів поведінки людини, що обумовлені складною структурою її свідомості.

**ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ**

1. Лефевр В.А. Алгебра совести, расширенный перевод 2-го английского издания [Текст] / В.А. Лефевр - Москва: Когито-Центр, 2003;
2. Лефевр В.А. Лекции по теории рефлексивных игр [Текст] / В.А. Лефевр - Когито-Центр, 2009;
3. Лефевр В.А. Формула человека [Текст] / В.А. Лефевр - М.: Прогресс, 1991;
4. Лефевр В.А., Функции быстрой рефлексии в биполярном выборе. – Рефлексивные процессы и управление. № 1 [Текст] / В.А. Лефевр, Дж. Адамс-Веббер., 2001. ;
5. Режим доступа: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/22396>
6. Таран Т.А., Системні дослідження та інформаційні технології. [Текст] / Т.А. Таран, В.Н. Шемаев– 2005. – с.114–131;
7. Лепа Р. Н. Рефлексия принятия решений в экономике [Текст] / Вестник УРФУ. Экономика и управление. – 2014., № 3 – с. 4-12.;
8. Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Рефлексивные игры. Серия «Управление организационными системами». / Д.А. Новиков, А.Г. Чхартишвили - М.: СИНТЕГ, 2003;
9. Зайченко Ю.П. Дослідження операцій [Текст] підручник. Сьоме видання, перероблене та доповнене / Ю.П. Зайченко – К.:Видавничий Дім «Слово», 2006. - 816 с.;
10. Таран Т.А., Шемаев В.Н. Обобщенные оценки факторов в задачах когнитивного моделирования. [Текст] / Т.А. Таран, В.Н. Шемаев // Математичні машини і системи - № 3 - 2004;
11. Лефевр В.А., Алгебра конфликта [Текст] / В.А. Лефевр, Г.Л. Смолян - М.: Знания, 1968;
12. Лефевр В.А. Рефлексивный агент в группе [Текст] / В.А. Лефевр // Рефлексивные процессы и управление - 2007 - №1;

13. Режим доступа: <https://ru.tsn.ua/svit/korotko-o-slozhnom-pyat-infografik-kotorye-pomogut-ponyat-vse-o-voyne-v-sirii-1139223.html> - 5.05.2018 p.;
14. Режим доступа: <http://podrobnosti.ua/2236266-vojna-v-sirii-za-chto-srazhajutsja-storony-konflikta.html>.